

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DES MENSCHLICHEN

TIMM-UND SPRACH-ORGANS

(ANTHROPOPHONIK.)

NACH EIGENEN BEOBACHTUNGEN UND VERSUCHEN

WISSENSCHAFTLICH BEGRÜNDET

UND FÜR

DIRENDE UND AUSÜBENDE ÄRZTE, PHYSIOLOGEN, AKUSTIKER,
GER UND GESANGLEHRER, ÖFFENTLICHE REDNER, PÄDAGOGEN
UND SPRACHFORSCHER

DARGESTELLT

VON

D^R. CARL LUDWIG MERKEL,

PRAKT. ARZTE UND PRIVATDOCENTEN DER MEDICIN AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

I. HÄLFTE.

OGEN 1—30 MIT 233 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

LEIPZIG

VERLAG VON AMBROSIUS ABEL

1857

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DES MENSCHLICHEN

STIMM- UND SPRACH-ORGANS

(ANTHROPOPHONIK.)

NACH EIGENEN BEOBACHTUNGEN UND VERSUCHEN

WISSENSCHAFTLICH BEGRÜNDET

UND FÜR

STUDIRENDE UND AUSÜBENDE ÄRZTE, PHYSIOLOGEN, AKUSTIKER, SÄNGER, GESANGLEHRER, TONSETZER, ÖFFENTLICHE REDNER, PÄDAGOGEN UND SPRACHFORSCHER

DARGESTELLT

VON

DR. CARL LUDWIG MERKEL,

PRAKT. ARZTE UND PRIVATDOCENTEN DER MEDICIN AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

LEIPZIG

VERLAG VON AMBROSIUS ABEL

1857


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY


BRITISH MUSEUM
Transferred
1889
CANCELLED.
DUPLICATE.


BRITISH MUSEUM
CANCELLED.

VORREDE.

Wenn die Vorreden der meisten Schriften damit anheben müssen, die Berechtigung ihrer Existenz mühsam nachzuweisen, wenn die meisten Schriftsteller sich zuvörderst vor dem Publikum zu entschuldigen und Gründe hervorzusuchen genöthigt sind, dass sie über einen Gegenstand geschrieben haben, der vor ihnen bereits von so Vielen verhandelt und abgehandelt worden ist, so befinde ich mich im Gegentheil in einer Lage, die von dieser gewöhnlichen Autorenverlegenheit weit verschieden ist, welche aber dessen ungeachtet nicht minder schwierig genannt werden muss. Denn weder darüber besteht wohl bei Allen, welche über das, was bisher anthropophonische Gegenstände und Leistungen genannt werden konnte, ein Urtheil haben, irgend ein Zweifel, dass eine wissenschaftliche, umfassende Behandlung dieses Gebiets menschlicher Erkenntniss bisher noch nicht vorhanden war, noch darüber, dass eine solche Arbeit längst schon eine dringende Aufgabe für Wissenschaft und Kunst, ja ein schreiendes Bedürfniss für die gebildetern (d. h. nach wissenschaftlicher Belehrung verlangenden) Schichten desjenigen Publikums war, welchem die Phänomene der menschlichen Stimme und Sprache die Quellen ihrer Existenz und ihres Berufs liefern. Man erwäge nur und vergleiche mit dem, was ich in vorliegender Schrift geliefert habe, die Unzugänglichkeit der bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiete, so werthvoll das Einzelne an sich auch ist, man betrachte auf der andern Seite die Faseleien der zahlreichen Halbgebildeten, die sich als sogenannte Gesangtheoretiker, Sprachlautlehrer, Stimm- und Sprachärzte u. s. w. berufen glaubten, eine Wissenschaft zu lehren und zu üben, die noch nicht existirte, und ihren armen Lesern, Schülern oder Eleven irgend Etwas aufzutischen, was auf gewisse unbequeme Fragen, die hin und wieder von Letztern aufgeworfen wurden, allenfalls als Antwort, für manches blind-empirische Verfahren als Rechtfertigung gelten musste: und man wird meine obige Behauptung als begründet anerkennen müssen.

Wenn nun bei so bewandten Umständen sich gleichwohl bis jetzt noch Niemand gefunden hat, der, mir zuvorkommend, dem gerügten Bedürfniss in genügender Weise abgeholfen hätte, indem auch die neuern und neuesten anthropophonischen Arbeiten von Liskovius, Harless, Kudelka u. a., so viel des Guten und Vortrefflichen sie auch darbieten, doch nur Fragmente dessen darstellen, was man in dieser Hinsicht von einer genügenden Abhülfe zu erwarten berechtigt ist, so darf man sich auch hierüber durchaus nicht wundern, sobald man nur die fast enormen Anforderungen er-

/ 2

wägt, welche an den gewissenhaften Bearbeiter des in Rede stehenden Gebiets menschlicher Erkenntniss gestellt werden. Nach den Erfahrungen, welche ich selbst während dieser meiner Arbeitszeit gemacht, habe ich starken Grund, zu vermuthen, dass mehr als ein Gelehrter, der sich etwa dazu für fähig gehalten, an die gleiche Arbeit gemacht, aber sie über kurz oder lang, nach Erkennung der grossen Schwierigkeiten, die sich dabei zu bewältigen vorfanden, bei Seite gelegt haben mag. Auch ich hielt diese Arbeit, als ich sie (im Jahre 1842) anfing, für leicht und in kurzem vollendbar, schrieb auch in verhältnissmässig kurzer Zeit etwas zusammen, das mir nach was Rechtem aussah, und wagte sogar, an hiesiger Universität Vorlesungen darüber zu halten. Bald aber lernte ich einsehen, dass ich in dem mir angemaassten Fache so viel wie Nichts wusste, dass ich, um hier zum wahren Wissen, zur Wissenschaft zu gelangen, einen langen, mühseligen, zeitraubenden Weg des Forschens, Beobachtens und Versuchens zurücklegen, und Studien, die nicht immer ganz oberflächlich sein durften, in mehrern von den mir bisher bekannten sehr abgelegenen Fächern des menschlichen Wissens durchmachen musste, bevor ich den Boden, den ich bebauen wollte, nur erst aus dem Groben urbar gemacht und das Baumaterial dazu nur erst in genügendem Vorrath und in tauglicher Qualität herbeigeschafft hatte Dazu war freilich bei den fast fortwährend ungünstigen Verhältnissen, unter welchen ich zu arbeiten genöthigt war, welche mich oft zwangen, die angefangene Arbeit lange Zeit liegen zu lassen, und erst in den letzten Jahren mir etwas mehr Muse zur Vollendung derselben gestatteten, abgesehen von der auf diese Art sich über ein Decennium hinausgezogen habenden Frist, ein nicht geringes Maass von Selbstverleugnung, Geduld, Beharrlichkeit und andern edeln Eigenschaften erforderlich, wie sie bei unsern Zeitgenossen wohl selten in der wünschenwerthen Vereinigung angetroffen werden dürften. Gott aber sei Preis und Dank, dass Er es mir daran, wenn es gerade am nöthigsten war, nicht gebrechen liess.

Dabei glaube ich aber auch im Voraus den Vorwurf zurückweisen zu können, der mir von den Vertretern der einzelnen Hülfswissenschaften, in welchen ich arbeiten gemusst habe, gemacht werden kann, dass ich nämlich in dieser oder jener Wissenschaft nicht die erforderlichen, tiefern Kenntnisse besitze. Der Anatom, der Physiolog, der Physiker, der Musiker, der Gesanglehrer, der Philolog, uud wer weiss, wer noch, wird einer nach dem andern auftreten, wird mir Fehler, Lücken, Irrthümer, und selbst Widersprüche in meinem Buche nachweisen, und mich zur Rede setzen, dass ich, als ein blosser Dilettant in seiner Wissenschaft, eigentlich gar nicht das Recht und den Beruf habe, darüber zu lehren und zu schreiben, am allerwenigsten aber bei so bewandten Umständen mir anzumaassen, ein Gebiet menschlicher Erkenntniss „wissenschaftlich begründet“ zu haben. Diese Herren frage ich ganz einfach, ob ein Sterblicher während seines kurzen Lebens zugleich Meister in

allen den oben genannten Wissenschaften, deren jede allein ein Menschenleben in Anspruch nimmt, werden kann, und ob, da das Gebiet der Wissenschaft, das ich als Anthropophonik mir abgesteckt und zu bebauen versucht habe, nun einmal seinen Inhalt aus den Ergebnissen und den Mitteln der gedachten Hülfswissenschaften entlehnen musste, ein anderer, als ein sogenannter Dilettant, d. h. ein gutwilliger Mensch von leidlicher Vorbildung, der sich die Mühe nicht verdriessen liess, in der ihm von seinem Beruf (z. B der ärztlichen Praxis) frei gelassenen Zeit in allen jenen Doktrinen*) das zu seinem Zwecke erforderliche Stück nach seinem Plane zu bearbeiten, die Anthropophonik wissenschaftlich begründen konnte? Will und darf man unter solchen Umständen an die einzelne Leistung den Maassstab der Wissenschaftlichkeit anlegen, den man an die des speciellen Fachgelehrten anzulegen berechtigt ist? Nein! die Anthropophonik als Wissenschaft ist ihrem Wesen nach eben ein Produkt jenes edlern, in unserer Zeit leider so selten gewordenen Dilettantismus oder Eklekticismus, welcher nicht mit allen Kräften von einer Seite aus, ohne Seitenblicke zu thun, ins Innere der Natur bohrt, sondern gleich von herein mehrere Seiten oder Gebiete menschlicher Erkenntniss in Angriff nimmt, die er, bei genügender anatomisch-physiologischer, physikaler und musikaler (weniger mathematischer) Vorbildung**), nach einem gewissen Plane und innerhalb gewisser, vorläufig nicht zu weit gesteckter Grenzen zu seinem Zwecke ausbeutet. Mag auch in der neuern Zeit diese Art, die Wissenschaften zu behandeln, dem exakten,

*) Um dem Leser einen kleinen Begriff von der Verschiedenartigkeit dieser Doktrinen, mit den ich mich beschäftigen musste, zu geben, stelle ich hier einige der Schriften und sonstigen literarischen Hülfsmittel, wie sie mir gerade einfallen, zusammen, welche ich bei Ausarbeitung meines Werks mehr oder weniger gründlich zu studiren Veranlassung hatte: Müller Archiv für Physiologie. — Zeitschrift der deutschen morgenländischen Gesellschaft. — Petermann geographische Mittheilungen. — Berliner Musikzeitung Echo und mehrere andere musikal. Zeitschriften. — Harless Abhandlung über die Stimme. — Bopp Grammatik des Sanskrit. — Zamminer die Musik und die musikal. Instrumente. — Thürnagel Lehrbuch der Schauspielkunst. — Hauptmann Harmonik und Metrik. — Reich erster Unterricht der Taubstummen. — Kölliker Geweblehre. — Tosi, Marx, Nehrlich u. a. Gesangschulen. — De Courcelles Icones musculorum capitis. — Mendelssohn Musik zu Antigone und Oedipus etc. etc.

**) Diese muss freilich vorhanden sein. Wer auf irgend einem Gebiete unserer Wissenschaft etwas leisten will, der muss durch gründliche anatomische und physikale Vorarbeiten sich erst die Fähigkeit erworben haben, auf diesem Gebiete zu beobachten, d. h. das, was ihm darin vorkommt, als das erkennen zu können, was es wirklich ist, und in der Bedeutung, die es zu den andern Erscheinungen hat: er muss gelernt haben, an die Natur vernünftige Fragen zu richten, aber auch die Antworten zu vernehmen, welche sie auf diese Fragen giebt. Sonst tappt er im Finstern, er sieht entweder gar Nichts, oder übersieht das Wesentliche, und es kommt ihm, wie Hrn. Angermann, eins über dem Andern „eigenthümlich" vor, d. h. er weiss nicht, was er daraus machen soll.

skrupulösen, ins Kleine und Feine arbeitenden, dabei nicht anders, als mit einer Masse von Instrumenten bewaffnet, sichere Schritte thun zu können glaubenden Naturforscher zuwider sein, jedenfalls ist sie eben so berechtigt, als jene, insofern sie, sich mehr um das Quale als um das Quantum bekümmernd, einen grössern Horizont auf einmal zu beherrschen vermag, und ausserdem das geschaffene Wissen unter die diejenigen, die es gerade brauchen, besser zu verbreiten und geniessbar zu machen den Willen und die Fähigkeit besitzt. Uebrigens glaube ja Niemand, dass unsere mehr nach Extensität und Universalität strebende Naturforschung mit geringern Schwierigkeiten verbunden ist, als die sogenannte exakte Methode, bei welcher der wissenschaftliche Horizont im konkreten Falle immer ein beschränkterer ist und sein muss. Das Gegentheil davon glaube ich in meinem Werke nachgewiessen zu haben, so wie ich auch nicht den Vorwurf befürchte, dass meine Methode mehr zu einer gewissen seichten Oberflächlichkeit zu führen geneigt sei, als die andere. Nach meinem Dafürhalten muss bei Forschungen auf unserem Gebiete mit ersterer Methode begonnen werden, bevor die zweite die feinere Ausarbeitung unternimmt; sie muss aber auch dann noch die Oberhand behalten, um die Sphären der einzelnen Gebiete der Wissenschaft, aus welchen die Anthropophonik zn schöpfen hat, mit einander zu verbinden, und dadurch die Resultate derselben auch Solchen zugänglich zu machen, die sonst noch lange Zeit darauf warten gemusst hätten.

So viel von der wissenschaftlichen Haltung dieses Buchs und dem wissenschaftlichen Standpunkte seines Verfassers. Jetzt einige Worte über die Klasse und die Bildungsstufe der Leser, für welche mein Buch bestimmt und geeignet ist.

Eine sogenannte populäre Schrift ist mein Buch nicht, denn ich habe stets in wissenschaftlichen Ausdrücken gesprochen, und habe nur hin und wieder dem Verständniss etwas nachgeholfen. Ueberhaupt setze ich bei meinen Lesern einen ziemlichen Bildungsgrad voraus, und erwarte wenigstens, dass sie, was man sagt, studirt haben, d. h. einige klassische, physikale, musikale und anthropologische Vorbildung mitbringen, wenn sie auch gerade nicht Medicin studirt zu haben brauchen: sind doch die meisten Mediciner in den Dingen, die in meinem Buche gelehrt werden, leider eben so unwissend, als die Nichtmediciner, die dabei oft mehr Trieb zu solchen Kenntnissen besitzen, als die Herren Aerzte. Zunächst ist das Werk freilich für die Physiologen und physiologischen Aerzte bestimmt, wie wohl nicht näher bewiesen zu werden braucht, und ist, wie ich hoffe, für dieselben unentbehrlich. Da aber die Anthropophonik die gewöhnlichen Grenzen der Physiologie nach mehrern Richtungen hin überschreitet, und namentlich der Vokalmusik und der Sprachwissenschaft ihre auf physiologischem Wege gefundenen Gesetze zu geben sich die Aufgabe gestellt hat, so wird und muss mein Buch auch in die Hände derer gelangen, welche auf den genannten

Gebieten nach wissenschaftlicher Erkenntniss streben. Für diese Klasse meiner Leser sind zunächst die beiden grossen Hauptabschnitte der zweiten Hälfte des Werks bestimmt, obwohl ihnen das Studium der erstern, wenn es ihnen um gründliche Bildung zu thun ist, auch nicht erspart werden kann. Ich habe mich in meinem Vortrage nach Kräften bemüht, auch der von Haus aus nicht anatomisch-physiologisch vorgebildeten Klasse von Lesern verständlich zu sein, und habe es gerade für diesen Zweck für Alles, was sich mit blossen Worten nicht demonstriren lässt, an Abbildungen*), deren sonst weniger sein würden, nicht fehlen gelassen. Ausserdem setze ich bei allen meinen Lesern voraus, dass ihnen der Gebrauch eines guten encyklopädischen Handwörterbuchs, etwa des Pierer'schen Universallexikons, zu Gebote stehe, das sie in Fällen, wo ihr Verständniss aufhören oder unsicher werden sollte, nachschlagen können: namentlich gilt dies von anatomischen und musikalen Ausdrücken und Gegenständen.

Was den Plan, die ganze Anlage, und die Durchführung der einzelnen Abtheilungen des Werkes anlangt, so scheint es beim blossen Anblick des Volums, als ob erstere sehr breit und letztere sehr erschöpfend sein müsste, zumal wenn man bedenkt, auf wie beschränktem Raume unser Gegenstand in den bisher erschienenen Handbüchern der Physiologie und in den hier einschlagenden Monographien**) abgehandelt worden ist. Gleichwohl verhält sich weder das Eine, noch das Andere so. Nach meinem anfänglichen Plane sollte weit mehr in das Buch aufgenommen werden, als gegenwärtig gegeben wird. Namentlich sollte die Akustik der elastischen Zungen vollständiger durchgeführt, die Beobachtungen am lebenden Stimmorgan an mehr Individuen vorgenommen, die Kapitel über Gesang, so wie über die Stimm- und Sprachfehler vollständiger, auch in therapeutischer Hinsicht, behandelt, ferner ein Kapitel über Diätetik für Sänger und Redner, eins über Taubstummenunterricht u. s. w. beigefügt werden. Alles dies fehlt

---

*) Mit Ausnahme einiger wenigen anatomischen sind alle diese Abbildungen Originale, von mir, oder, wo meine (in dieser Hinsicht leider sehr geringe) Fähigkeit nicht ausreichte, unter meiner unmittelbaren Aufsicht von einem tüchtigen hiesigen Künstler, nach meinen Präparaten gezeichnet und von Hrn. Kundmüller in Holz geschnitten. Wer die Schwierigkeiten der Darstellung feinerer anatomischer, in stereometrischer Hinsicht so komplicirter und widerspenstiger Gegenstände, wie sie das Stimmorgan darbietet, kennt, wird an das hier von uns Geleistete nicht zu übertriebene Anforderungen stellen, und neben dem minder Guten dem wirklich Gelungenen — ich hoffe, dieses bildet die Mehrzahl — seine Anerkennung nicht versagen. Einzelne kleine Versäumnisse sind hinter dem Druckfehlerverzeichniss berichtigt werden. Ausserdem verweise ich diejenigen, welche einzelne anatomische Figuren genauer studiren wollen, auf die Figurenerklärung.

**) In dem Kompendium von Budge auf 3—5 Seiten, in Valentin's grossem Handbuche auf 74 S.; Liskovius' Physiologie der menschl. Stimme hat 133, Harless' Abhandlung 202 Seiten u. s. w.

noch meinem Buche, so umfänglich es bereits geworden ist. Ueberhaupt kann und darf der Leser noch nichts Vollständiges und Abgeschlossenes, sondern nicht viel mehr, als Elemente der Anthropophonik erwarten, so reich an neuen und interessanten, vielleicht sogar überraschenden Thatsachen und Ergebnissen dieselben auch ausgefallen sein mögen. Wie wäre es aber auch anders möglich, da ich der Erste war, der sich der Arbeit in ihrem ganzen Umfange, wie er vorliegt, unterzog, und da ich bei derselben so ganz auf mich allein verwiesen und beschränkt war? Was sind aber die Mittel und Kräfte eines Einzigen bei Gründung einer neuen Wissenschaft, deren Umfang und Grenzen wir noch gar nicht absehen und ermessen können, welche die allerwichtigsten und edelsten Phänomene des leiblichen und geistigen Lebens des Menschen zur Anschauung und Erkenntniss zu bringen die Aufgabe hat? Und wird es mir unter diesen Umständen zum Vorwurf gemacht werden können, dass die Behandlungen der einzelnen Abtheilungen und Abschnitte meines Buchs nicht so gleichartig ausgefallen sind, dass dem Einzelnen oft die nöthige Abrundung, dem Ganzen der künstlerische Abschluss fehlt?*) In einer Wissenschaft, die noch im Entstehen und Fortbilden begriffen ist, müssen die einzelnen Arbeitsgebiete nothwendig Lücken zwischen sich erblicken lassen, sobald der oder die Arbeiter nicht unredlich sind, und den wahren Zustand ihrer Arbeit nicht absichtlich verbergen; es muss aber auch in jeder solchen Lücke eine helle, freie Aussicht vorhanden sein auf das, was noch zu bearbeiten ist, und auf das Ziel, zu welchen die Arbeit führt. Bei der Anthropophonik ist diese Aussicht eine überaus weite, reiche, herrliche. Wenn der bisher immer noch mehr oder weniger undurchsichtige Schleier vollends gefallen sein wird, von welchem die verborgenen in unendlichem Wechsel sich modificirenden und variirenden Operationen des menschlichen Stimm- und Sprachorgans, durch die der voll-

*) Bei den unendlichen Schwierigkeiten meiner Arbeit und bei der langen Zeit, die sie in Anspruch nahm, wird mir, wie ich hoffe, der billig denkende Leser Manches nachsehen oder gelinder beurtheilen, was bei einem andern Gegenstande und unter andern Verhältnissen strenge Ahndung verdient hätte. So hat der Umstand, dass der Druck begonnen werden musste, bevor das ganze Werk in allen einzelnen Theilen ausgearbeitet war, nun freilich die Folge gehabt, dass hier und da ein kleiner Widerspruch zwischen Früherem und Späterem stehen geblieben ist; ferner hat sich manche Wiederhohlung eingeschlichen, weil die einzelnen Abschnitte nicht in der Reihenfolge gearbeitet worden sind, in welcher sie im Buche stehen; in der sogenannten anatomischen Abtheilung, besonders in dem Abschnitte über das Respirationsorgan, ist schon viel Physiologisches enthalten, und wird hier bereits specielle Kenntniss des Stimm- und Sprachorgans vorausgesetzt, obwohl über dasselbe erst später die Rede ist. Indessen wird in solchen Fällen dem noch nicht in die Anatomie eingeweihten Leser das Register gute Dienste leisten, welches sehr vollständig ist, und ihn auf die Stellen des Buchs verweisen wird, in welchen er die gewünschte Auskunft finden dürfte.

endete Sänger oder Redner sich zum Herzen des Zuhörers den Weg bahnt, durch die er die höchsten, das lauschende Publikum erhebenden, entzückenden, entflammenden Kunstleistungen hervorbringt, immer noch verhüllt sind, wenn wir auch die feinsten Mechanismen, durch welche alle diese grossen Wirkungen vollbracht werden, in ihrem kleinsten Detail nachweisen und selbst nachbilden können, wenn alle bisher sogenannten Geheimnisse der Kunst in das Gebiet der lichten Wissenschaft herübergezogen sein werden: was für ein Gewinn steht dann der Menscheit bevor? Wenn wir von den schönen Künsten, die hier vielleicht zunächst in Frage kommen dürften, einmal ganz absehen, und uns einstweilen nur auf das rein Praktische, für das nackte Leben Nothwendige beschränken, wird nicht bei Erreichung jenes in Aussicht gestellten Zieles namentlich die Pädagogik, insoweit sie die Ausbildung des Sprachorgans zum Zwecke hat, eine Reformation erleiden, deren Resultate von unberechenbarem Segen für die kommenden Generationen sein müssen? wenn die Jugend schon auf den Schulen in den möglichst vollen Besitz ihrer sprachlichen Mittel gesetzt werden kann; ich sage, die ganze Jugend, auch die Unglücklichen, die durch häusliche oder sonst wie verschuldete Verwahrlosung an organischen oder funktionellen Gebrechen ihres Stimm- oder Sprachorgans leiden, so wie die noch Unglücklichern, den von Natur der Sinn des Gehörs versagt ist? Wir wollen nur endlich einmal gegen uns und unsere gegenwärtigen Zustände ehrlich und aufrichtig sein, und unsere Augen nicht vor den beklagenswerthen Unvollkommenheiten und Gebrechen verschliessen, welche unserer hochgepriesenen Erziehungskunst immer noch anhaften. Sind nicht der meisten Menschen Stimm- und Sprachwerkzeuge mehr oder weniger verkümmert und verwahrlost? Spricht denn von 100 Menschen auch nur Einer so, wie er bei vollkommener Entwickelung und Ausbildung seines Organs sprechen könnte und sollte? Der Raum gestattet mir nicht, hier ins Einzelne weiter einzugehen, aber ich hoffe, durch mein Buch Manchem, der in jener Hinsicht von seiner Weisheit eine zu hohe Meinung hatte, die Augen zu öffnen, dass er einsieht, was hier Noth thut, und es wird schon dies ein nicht geringer Nutzen sein.

Habe ich zum Schlusse noch nöthig, eine Oratio pro domo zu halten, oder mein so lange mit Liebe gehegtes Schooskind, das ich jetzt zu seiner weitern Ausbildung in die Welt schicke, zur freundlichen An- und Aufnahme zu empfehlen? Nun ich hoffe, dass es nicht mehr so gar *infans* ist, um nicht selbst für sich sprechen zu können: jedenfalls werde ich nicht um eine Gunst für mein Buch buhlen, die ihm sonst vielleicht nicht zu Theil geworden wäre. Ich verlange weiter nichts, als Gerechtigkeit: Gerechtigkeit für mein Buch, für meine Wissenschaft, aber auch für mich selbst. Für mein Bnch, damit man es nicht deshalb, weil es zu dick und unbehülflich ist, sofort als unerschwinglich und ungeniessbar am Wege liegen lasse, sondern

sich nicht die Kosten und Mühe verdriessen lasse, es zu kaufen, zu lesen, sodann zu prüfen, und das Gute daraus zu behalten. Für meine Wissenschaft, dass man sie nicht deshalb, weil sie gerade von meiner unberühmten und unbekannten Person ihre erste Pflege erhalten hat, gering schätze, und ihr die Mittel*) zu ihrer fernern Subsistenz und Ausbildung verweigere, sondern ihr vielmehr gleiche Rechte mit andern früher, deshalb aber nicht besser und höher geborenen Wissenschaften einräume. Für mich aber, damit ich endlich einmal in den Stand gesetzt werde, mit mehr Musse, Ruhe und Freiheit, als mir bisher vergönnt war, den fernern auf meine Wissenschaft, so Gott will, zu verwendenden Studien obzuliegen, und die etwaigen Früchte meiner Arbeit unverkümmert zu geniessen. Doch Alles dies stehet in der Hand Dessen, von Dem Beides kommt, das Wollen und das Vollbringen: Er wird's ja wohl machen. Er, der dreieinige, gütige Gott, der mich bisher väterlich geführt hat, und mich durch Seinen gnädigen Beistand das Werk meiner Hände trotz schwerer Arbeit, Hemmniss, Prüfung und Anfechtung bis hierher vollenden liess, Er wolle es auch ferner fördern und ihm seine Wege gehen heissen, auf dass es mehr und mehr wachse, blühe und Früchte trage, zu der Menschheit Heil, und zu Seines herrlichen Namens Preis und Ehre!

---

*) Von diesen Mitteln erlaube ich mir hier nur auf eines aufmerksam zu machen, welches zunächst meine ärztlichen Herren Kollegen in ihrer Hand haben, wofern sie die Wissenschaft fördern helfen wollen. Im Namen letzterer würde ich nämlich den praktischen Aerzten sehr dankbar sein, wenn sie bei Sektionen verstorbener Patienten, deren Stimmverhältnisse ihnen einigermaassen bekannt waren, jede erlaubte Gelegenheit benutzen wollten, den Kehlkopf auszuschneiden und denselben mir (in verdünntem Spiritus, mit kurzer, schriftlicher Angabe der Stimmverhältnisse des Verstorbenen) gefälligst zu überschicken. Denn nur, wenn möglichst viel dergleichen Material in die Hände eines und desselben Forschers gelangt, ist die Lösung gewisser hier einschlagender wissenschaftlicher Fragen auf statistischem Wege möglich.

Leipzig, den 24. November 1856.

Dr. L. Merkel.

INHALT.

Erste Abtheilung.

Anatomie.

I. Respirationsorgan. S. 3 ff.

II. Stimm- und Sprachorgan.

Zweite Abtheilung.

Physiologie.

A. Tonbildung.

Physiologie des Stimmorgans.

Vor dem Gebrauche des Buches zu Berichtigendes.

a. Im Texte.

Seite.	Zeile.	
4	11	v. u. statt 10. 11 lies 10—11.
„	7	„ „ „ 12 lies hinter 8.
13	17	(Text) v. u. ist nach Fig. 4 beizufügen: *A* Sc. auticus *B* medius *C* posticus.
17	5	v. o. „ p lies n.
„	6	„ „ „ m lies l.
„	7	„ „ „ n lies m.
24	17	v. u. ist nach externum einzuschalten: (fibrosum).
26	6	v. u. ist nach Schulterblatt einzuschalten: an welchen sich der M. inserirt.
34	19	v. u. statt: sich gleich bleiben l. das Gleichgewicht erhalten.
36	11	v. u. statt Rippen lies Rippenknorpel.
38	14	v. o. statt: sich akkommodiren lies nachgeben.
39	23	v. o. statt: die schnelle l. Kontraktion der Bauchmuskeln bei schneller.
41	5	v. o. nach Leber einzuschalten: nebst Gallenblase.
46	2	v. o. nach thätig sein einzuschalten: Im Allgemeinen zieht er die weisse Linie einwärts.
51	18	v. o. statt Exspirationsb. lies Inspirationsb.
57	5	v. u. statt Glottisbewegung l. Glottisverengung.
58	5	v. o. nach Thoraxwandungen einzuschalten: und durch Kontraktion der Bauchmuskeln.
„	8	v. o. st. Druck l. Rückstoss.
„	14—12	ist dieser letzte Satz zu streichen.
60	6	v. u. statt eine tiefe lies eine mässig tiefe.
73	18	v. u. statt untern liess obern, und statt oberen lies untern.
76	18	v. o. statt Luftröhrenweg lies Luftröhrenring.
77	9	v. o. statt (4) lies (B 4).
78	22	v. u. „ 4) „ 2).
„	16	„ „ „ ziemlich lies etwas mehr als.
79	8	v. u. statt oberen liess daran.
80	22	v. o. nach Grenze einzuschalten oder Ecke.
„	13	v. u. statt (a) l. (26. a. 27. b).
81	7	v. o. nach Adamskröbs einzuschalten (Pomum Adami).
„	18	v. u. nach jedoch einzuschalten grossentheils.

Seite.	Zeile.	
82	11	v. u. n. posticus einzusch. (m).
85	20	v. o. nach sich einzusch. (e).
96	19	v. o. nach Ende einzuschalten (Fig. 33 *E* zeigt beide in ihrer gegenseitigen Stellung von hinten betrachtet).
99	3	und 4 v. o. statt ''' lies ''.
100	17	v. o. nach die wir einzuschalten: zum Theil.
103	16	v. u. streiche das Semikolon.
105	25	„ „ nach Saum einzuschalten (Ligam. interarytaenoideum).
106	8	v. o. n. Vorhof einz. Atrium.
„	10	„ „ „ 38. A einzusch. und B.
„	23	„ „ statt 3—4'' lies 3—4'''.
107	2	„ „ „ c lies C.
„	12	v. u. nach keine einzuschalten deutliche.
109	15	v. u. nach 38 einzusch. A—D.
111	25	„ „ statt 36 9 lies 36 q.
„	22	„ „ „ 1''' lies $\frac{3}{4}$'''.
„	4	„ „ „ 36. 1 lies 36 r.
„	2	„ „ „ dieses lies diese.
113	23	v. o. „ 1 bis $1\frac{1}{3}$''' l. $\frac{1}{2}$'''.
114	23	v. u. „ Sehne lies Länge.
116	11	v. o. nach u. s. w. einzuschalten: am menschlichen Körper bei den Mundlippen.
122	24	v. u. statt noch lies nach.
128	11	v. o. streiche: sehr, und statt 12—15 lies 15—20.
134	17	v. u. statt unmittelbarer lies unmittelbarerer.
137	6	v. o. st. liegende l. liegenden.
141	6	„ „ statt dies lies das.
„	4	v. u. n. Fortsatz einz. (3 . . . 3).
142	1	v. o. n. durchaus einz. noch.
144	3	„ „ statt Perymisium l. Perimysium.
„	2	(des Textes) v. u. statt gar nicht lies nicht recht.
148	8	v. u. nach ähnliches einzusch. aber nicht in die Tiefe gehendes.
150	5	(des Textes) v. u. statt 4''' lies 0,04'''.
151	5	v. u. nach vagus einzuschalten (Fig. 53. 10).
157	14	v. u. st. pharyngo l. pharyngei.
163	16	v. o. st. unmerklich l. allmälig.
164	7	v. u. statt 53. d lies 52.
170	13	v. o. st. Gelenkh. l. Gelenkhügel.
174	10	v. o. nach was einzusch. nur.
„	6	v. u. nach und dem einzusch. mittlern.
192	17	v. u. statt faucium l. pharyngis.
196	10	„ „ „ Länge lies Höhe.

Seite.	Zeile.	
203	5	v. o. statt transversum lies perpendiculare.
211	7	v. o. streiche Länge der.
„	19	„ „ nach Zäpfchens einzusch. (Uvula).
214	4	(Text) v. u. nach entspringt einzuschalten (Fig. 56. c).
216	17	v. u. st. sekundär l. sekundäre.
„	9	„ „ nach Ellipse einzuschalten oder eine Parabel.
222	17	v. o. nach pharyngopalatinus einzusch. Constrictor isthmi faucium posterior.
240	12	v. o. statt 59 lies 75.
„	19	v. u. nach blind einz. (Fig. 61. f).
„	8	„ „ streiche S. Fig. 73.
243	4	„ „ statt muss lies müsste.
245	20	„ „ „ Oberkiefers l. Gaumenbeins.
255	6	v. o. lies den vollen Gebrauch des M. in ihrer Gewalt.
270	7	(Text) v. u. st. andern l. obern.
280	8	v. u. statt der Länge oder vielmehr Kürze lies dem Grade der Beschränkung.
284	8	v. o. statt Seiten lies Saiten.
287	14	„ „ nach gefasste einzusch. und gespannte.
„	21	v. o. statt vom Knotenpunkt lies von der Knotenfläche.
290	14	v. u. n. demnach einzusch. mit.
292	19	„ „ „ Tonreihe einz. gleich von vorn herein.
294	3	v. u. nach Nennt man einzusch. (Fig. 83).
295	20	v. o. nach Brennpunkte a einzuschalten (Fig. 84).
„	22	v. o. statt ab lies *ab*.
„	2	v. u. n. cykloidisch einzusch. (im Durchschnitt betrachtet cissoidisch).
300	1	v. u. statt Beobachtung l. Betrachtung.
303	15	v. o. statt 3″ lies 3‴.
304	7	v. u. st. wurden lies werden.
307	7	(No. 3) v. o. st. 3″ lies 3‴.
„	9	„ „ v. u. statt Tonstärke lies Windstärke.
308	10	(No. 5) v. u. statt geringen l. geringern.
„	4	(No. 6) v. u. statt der Pfeifton lies der eine None höher liegende Pfeifton.
309	8	v. o. statt noch lies nach.
310	7	„ „ n. Stellung einzusch. B.
319	3	„ „ statt c lies c′.
„	5	„ „ „ dc lies dc′.
321	12	v. u. streiche das letzte Wort (der).
324	11	v. o. nach Windkessel einzusch. (Stiefel).

Seite.	Zeile.	
325	4	v. u. st. specielle l. specifische.
336	11	„ „ „ 5 6″ lies 5—6‴.
337	10	v. o. „ tiefer lies höher.
„	6	v. u. „ 4″ lies 4‴.
338		Zum Satz 1) beizufügen: Doch wird die Schwinguugszahl auch mit von der Weite der Obturatoröffnung bestimmt: engere Oeffnung giebt caet. par. einen tiefern Ton, als weitere, wie bei den Kesselpfeifen.
339		No. 8) Z. 8 st. 7″ lies 7‴.
349		„ 2) „ 2 nach bediente ich mich einzusch. bisweilen meines Mundes.
„	2	v. u. nach Windmühle, einz. zur Bandfläche.
351	9	(Text) v. u. st. Vorderanspruch l. Vorder- oder Vornanspruch.
352	5	v. o. streiche c′.
„	3	v. u. statt Schwingungsganges lies Schwingungsvorganges.
358		letzte Zeile vor der Figur st. C lies C — E.
360	13—11	v. u. l. zunächst der Länge, doch einigermaassen auch u. s. w.
„	4	v. u. statt etwa in c lies zwischen a und c.
„	2	v. u. statt in beiden Figuren lies hier.
371	28	v. u. statt Quarte lies Tertie.
378	7	(der Petitschrift) st. 2′ l. 2″.
392	15	v. o. n. Messingplatte einz. *m*.
395	15 und 16	v. o. statt über l. unter, statt unter lies über.
409	8	v. o. nach was sich einzusch. nach dem Angegebenen.
412	11	v. u. nach Bändern einzusch. mit stärkerem Elasticitätsmodulus.
417	4	(Vers. 4.) statt 10″ lies 10‴.
419	15	v. o. nach Liegen. einzuschal. S. Fig. 135. A.
„	5	v. u. statt die Glottiszone lies eine gewisse Gl.
423	22	v. o. nach jetzt einz. schon.
432	4	(Text) v. u. nach Grundton einzusch. S. 380.
437	19	v. o. nach man könne einzusch. hier, wie bei den gleichgestimmten Bändern.
439	4	v. o. nach als einznsch. der.
447	24	„ „ n. lässt sich einz. nicht.
450	9	v. u. n. erleiden einz. können.
461	3	bb) streiche wie gewöhnlich.
„	2	v. u. nach Oktave einzusch. und darüber.
462	12 und 11	v. u. statt zum Primärton l. zum berechneten P.
468	26	v. o. statt Mundanstück - lies Mundstückan-.

Seite.	Zeile.	
485	19	v. o. statt 2′ 9″ liess 2″ 9‴.
,,	21	,, ,, ,, 16″ lies 16‴.
,,	23	,, ,, ,, 6′ ,, 6″.
,,	27	,, ,, ,, 5½′ ,, 5½″.
496	4	,, ,, ,, dem Elasticitätsvernisse lies den —en.
499	23	v. o. st. Klappen l. Klappe.
501	20	,, ,, ,, Breitenspannung lies Breiten- oder seitliche Sp.
506	15	v. o. st. schwacher l. scharfer.
,,	19	v. u. ,, Schlagregister l. Umschlagregister.
509	8	v. o. statt Schlagregister lies Umschlagregister.
524	14	v. o. statt 3 lies 4.
525	21	und 19 v. u. statt 3 liess 4.
534	16	v. u. st. Klappen l. Klappe.
545	9	v. o. ,, weitern l. weitere.
546	3	a) st. sich l. sie.
549	21	v. o. n. wie einz. ansteigend.
560	12	,, ,, st. der Luft l. die Luft.
562	2	,, ,, nach Zungenspitze einz. Fig. 149. a.
566	19	v. o. st. cc l. c d.
582	18	,, ,, nach hervorgerufene einzuschalten und durch das Ansatzrohr nach aussen geleitete phonische.
585	13	v. o. st. physischen l. psychischen.
592	3	v. o. st assurde l. assurdi.
595	15	v. u. statt Halsfurche l. Halsgrube.
601		(Absatz in der Mitte) n. sich heben einzusch. die Nares also sich erweitern.
604	4	v. u. nach lässt sich einzusch. auch.
607	15	v. o. st. H l. A.
611	20	v. u. st. 4‴ l. 4 bis 5‴.
618	15	v. o. nach der die einzusch. Töne des.
644	11	v. o. nach Räume einzusch. des Ansatzrohrs.
646	11	v. u. statt subepiglottica lies centralis.
655	1	v. o. nach A einzusch. Fig. 159.
657	3	und 2 v. u. st. dünn l. dick, st. dick l. dünn.
659	12	v. u. nach ist einzusch. wohl.
665	19	v. o. st. specielle l. specifische.
666	6	,, ,, nach transversale einz. (latitudinale).
,,	12	(Text) v. u. l. bis um ein Drittel seiner grössten Länge.
668	15	(Text) v. u. st. er l. dieser.
671	9	v. u. st. Muskeln l. Muskel.
677	16	v. o. st. des Komma setze ein Semikolon.
690	12	beizufügen: Denn dass, wie Mandl (S. 53) behauptet, durch das Herabziehen des Kehlkopfs die Schildknorpelplatten dilatirt und dadurch die Glottis erweitert werde, ist nach meinem Ermessen ein Irrthum, da die Sternalinsertionen der Mm. sternothyreoidei nicht weiter von einander abstehen, als die Kehlkopfinsertionen.
706	4	v. o. st. b′ l. a′.
708		folgen die Zeilen 10—5 v. u. falsch aufeinander uud sind so zu lesen: 10. 6. 7. 8. 9. 5.
721	5	v. u. st. tage l. lage.
722	17	,, ,, nach dem ersten Worte einzuschalten: und die Vorzieher des Kehlkopfs.
728	9	v. o. st. die tönenden l. einige tönende.
,,	17	und 16 v. u. l. Die dabei stattfindenden K. des M. ary-aryt.
730	5	v. o. st. letztere l. erstere.
731	8	v. u. ,, welche l. welchen.
739	13	und 14 v. o. lies: so muss die die Glottis mehr in die Länge gespannt und dabei der Ant.
741	20	v. o. st. Positives l. Positiveres.
745	2	v. u. ,, weiss l. wusste.
751	18	v. o. ,, weiss l. wusste bisher.
773	9	,, ,, n. mittel, einzusch. bei.
775	25	,, ,, nach Sprachlaut einzusch. von Natur.
776	15	v. u. n. weshalb einz. derselbe.
796		nach Z. 2 v. o. einz. Einen bessern Beitrag zur Psychologie des E (und der andern Vokale) giebt die Vergleichung des Ausrufs: *He* mit *Ha, hi, ho, hu.*
799	10	v. o. statt sehen lies sahen.
800	7	v. u. lies: der O-Ton sowohl dumpfer als auch tiefer.
804	18	v. o. nach durch υ einzusch. oder υι.
,,	20	v. o. nach kennen es einzusch. in ihrer Schrift.
807	17	v. u. streiche das (fette) u.
,,	4	,, ,, vor keineswegs einz. aber.
822	4	,, ,, beizufügen: Ausserdem lässt sich beim Gesange beobachten, dass beim Aushalten eines forte intonirten Vokals die Mundöffnung allmälig und zwar um so mehr sich erweitert, je mehr der Luftvorrath konsumirt wird.
835	13	v. o. nach V. Ph. F. einzusch. (auch Spirantes genannt).
835		letzte Z. vor der Petitsch. statt Palatini l. Palatinae.

Seite.	Zeile.	
837	11	v. u. st hauchende l. fauchende.
,,	1	,, ,, darf das A nicht fett sein.
847		in der Mitte st. —ro l. rv.
849	9	v. u. lies: werden fast genau.
850	24	v. o. statt nicht lies kaum.
852		in der Ueberschrift zu G st. dur (um) l. dur(um).
853	14	v. o. darf Os nicht fett sein.
858	9	v. u. statt moll (e) lies moll(e).
859	8	,, ,, ,, sachen lies Sachen.
860	22	und 23 v. o. statt y lies ÿ.
867	3	v. o. nach diese Weise einz. entsteht.
870	21	v. o. vor: zur Entwickelung einzusch. sehr.
831	13	v. o. statt Wirklichkeit lies Wichtigkeit.
874	13	v. u. st. geringer l. ziemlicher.
875	8	,, ,, ,, des des l. dem des.
876	9	,, ,, nach offen, einzusch. der Nasenkanal wird abgesperrt.
879	9	v. u. nach der untere einzusch. merklich.
881	19	v. o. nach u einzusch. (ü).
890	6	v. u. ,, dass die einzuschal. durch Oeffnen der Glottis in Bewegung gesetzte.
901	12	v. o. vor 853 einzusch. 833.
904	10	v. u. setze nach wie wir ein Komma.
907	10	v. u statt Pa lies Ba.
921	13	,, ,, streiche Silben oder.
,,	6	,, ,, beizuf.: S. auch S. 898.
927	21	,, ,, nach der andere einzusch. kurz oder.
929	23	v. o. statt Gott lies Gött.
933	22	,, ,, ,, bezeichnet lies von einander getrennt.
934	5	(des 2. Absatzes) st. der andern lies des andern.
,,	6	(des 2. Absatztes) st. verwandete lies verwendete.
935	11	(Text) v. u ist „richtig“ ironisch gebraucht.
,,	4	(Noten) v. o. statt ihn lies den Daktylus
937	12	v. o. statt senkrechten lies schrägen.

b. In den Figuren.

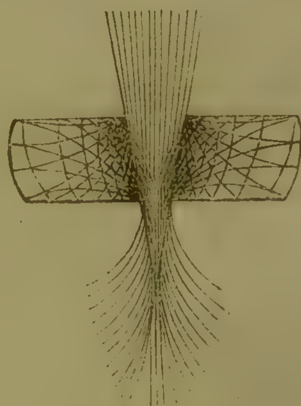
Fig. 51. Die Linien zwischen *i* und *i'* müssen punktirt sein.

,, 76. fehlt: *l* (in *B* an die Vereinigungsstelle der Lippen zu setzen), *m* (an die untere Grenze des untern Prolabiums), *n* (2 bis 3''' unter *m* zu setzen).

,, 83. fehlt: *b* in der Mitte der senkrechten Linie.

,, 87. fehlt: *f* an die untere, und *g* an die obere Kreuzungsstelle der punktirten Linien zu setzen. Ferner ist das zu hoch (bei *e*) stehende *c* an die unterste Stelle der Fig. zu setzen.

,, 88. ist durch beistehende neue Figur zu ersetzen.



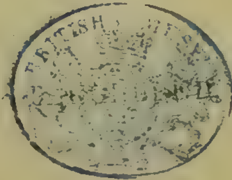
,, 95. *B* ist die obere Grenze des Scharffirten mit *a*, die untern mit *b* zu bezeichnen.

,, 101. Hier sollten die Querstriche von *e f* und *c d* aus nach der Mitte *a b* zu allmälig an Stärke zunehmen

,, 154. Die nach aussen sehende Vereinigungsstelle der punktirten Linie ist mit *c* zu bezeichnen.

ERSTE ABTHEILUNG.

ANATOMIE.





I. RESPIRATIONSORGAN.

Die Respiration hat zunächst den Zweck, den Organismus mit der Aussenwelt sowohl in das pneumo- und hydrostatische, als auch in das chemische Gleichgewicht zu setzen und darin zu erhalten. Wenn der thierische oder menschliche Organismus nicht athmete, so würde er vom Druck der Atmosphäre bald erdrückt werden, das heisst, er würde zwar keine namhafte Quetschung oder Verkleinerung seines Volumens erleiden, wohl aber würde jener Druck bald die Folge haben, dass die peripherische und überhaupt arterielle Blutcirkulation aufhörte und die zur Ernährung dienende und die organische Materie vor Zersetzung schützende Blutoxydation unterbliebe. Wie und auf welchem Wege die Respiration diese wichtigen Lebensbedingungen erfüllt, davon hier ausführlicher zu sprechen ist nicht meine Absicht. Ich habe mir nur die Aufgabe gestellt, den Lungenrespirationsprocess als animalen Lebensakt, und auch nur insoweit aufzufassen und darzustellen, als er zur Bildung der menschlichen Stimme und Sprache die ihm zu Gebote stehenden Mittel liefert. Es ist daher nicht sowohl die Inspiration, nicht die Veränderungen, welche die inspirirte Luft in dem Blute und den statischen Verhältnissen des Organismus hervorruft, sondern vielmehr die Exspiration als der Lebensakt, welcher die bereits desoxydirte und so zu sagen unbrauchbar gewordene Luft aus dem Körper ausführt, von welchem wir gegenwärtig ausführlicher sprechen wollen. Dennoch werden wir die Inspirationsbewegungen, als Mittel zum Zweck, auch nicht vernachlässigen dürfen, und zwar um so weniger, je mehr dieselben bisher von den Physiologen vernachlässigt worden sind.

Im Indifferenzzustande des athmenden Organismus, z. B. im normalen Schlafe, geht die gesammte Respiration unwillkührlich vor sich, um nur dem nächsten, oben angeführten, auf Erhaltung des vegetativen Lebens gerichteten Zwecke zu genügen. Nur die Inspiration ist hierbei ein aktiver, wesentlich physikaler, Lebensakt, während die Exspiration ein rein passives Zurücksinken zum statischen Gleichgewicht des Körpers darstellt, das nicht im Geringsten höher steht, als das Zusammenfahren eines in die Länge gezogenen Stückes Kautschuks, sobald die Zugkraft zu wirken aufgehört hat. Die letzte Exspiration ist daher das erste Moment des eingetretenen Todes. Sobald aber der Mensch oder das Thier zum animalen Leben erwacht, werden den Respirationsorganen je nach Bedürfniss mehrere neue Funktionen zu den bereits vorhandenen unwillkührlichen und kontinuirlichen auferlegt, und namentlich wird die im Schlafe und sonst für gewöhnlich ganz passive Exspiration sehr oft in das Bereich der Willkühr oder der animalen Energie gezogen, indem die Stimme vorzugsweise ein solches Attribut des Exspirationsprocesses darstellt.

Da die Stimme und deren verschiedene Modifikationen, welche den Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen bilden, durchaus ein physikaler Vorgang ist, so können wir auch alles, was den Chemismus der Respiration

anlangt, ganz bei Seite liegen lassen, und brauchen nur die Physik oder den Mechanismus der Respiration zu betrachten. Die Physik der Respiration ist in der neueren Zeit verhältnissmässig stiefmütterlich behandelt worden, das von den ältern Physiologen Ueberlieferte ist auch nicht bedeutend, so dass manches noch wüste Gebiet zu bearbeiten sich vorfindet. Im Zusammenhange sind die hier einschlagenden Erfahrungen und Beobachtungen noch gar nicht vorgetragen, noch weniger in dem Maasse vermehrt worden, dass eine Theorie daraus hätte gebaut werden können. Ich will in Nachstehendem einen kleinen Beitrag zu einer solchen Arbeit zu liefern versuchen.

Physik oder Mechanismus der Respiration.

Wir haben es hier fast ausschliesslich mit den Respirationsbewegungen zu thun, und betrachten daher die Organe, welche dabei bewegt werden und welche die Bewegungen vollziehen, ausserdem die Bewegungen selbst je nach ihren besondern Bestimmungen und Zwecken, wobei wir jedoch noch nicht auf die speciellern phonischen Zwecke eingehen wollen, indem dies ein Gegenstand der zweiten Abtheilung dieses Werkes sein wird.

Die Instrumente oder Organe der Respiration sind zwar aus der Anatomie hinlänglich, wenn auch nicht erschöpfend, bekannt, indessen haben wir sie für unsern Zweck aus mehrern Gesichtspunkten aufzufassen, die in der reinen descriptiven Anatomie gewöhnlich unberücksichtigt bleiben. Zunächst haben wir zu unterscheiden zwischen passiven und aktiven Respirationsorganen.

Passive Respirationsorgane.

Unter passiven Respirationsorganen verstehen wir die Organe, welche bei der Respiration bewegt werden, also das Knochen- und Knorpelgerüst des Thorax sammt den in demselben befindlichen Lungen, insoweit dieselben den ihnen von aussen mitgetheilten Bewegungen folgen müssen; ferner sämmtliche in und am Thorax gelegene elastische Organe, so wie in gewisser Beziehung die die Zwischenräume der Brustknochen ausfüllenden Interkostalmuskeln selbst, welche, wenn sie durch anderweitige Kräfte distendirt worden sind, durch die ihnen inwohnende Retraktilität auf ihre vorige Ausdehnung zurückkehren, und auf diese Weise selbstständig die Leistungen der aktiven Organe zu unterstützen im Stande sind; endlich gehören hierher mehrere Brust- und Bauchorgane sammt ihrem elastisch- und tropfbarflüssigen Inhalte, welche mittelbar, zwischen die bewegenden und bewegten Organe gebracht, dadurch den Mechanismus der Respiration unterstützen, dass sie sonst leerbleibende Räume ausfüllen und so als Stopf- oder Druckwerkzeuge wirken. — Die Rippen (Fig. 1. *10. 11.*) sind die wichtigsten Organe, welche durch ihre Ortsveränderung den Thorax erweitern. Sie laufen nicht ganz parallel, indem die Insertionslinie der ersten 6 bis 7 Rippen am Brustbein (7. *8.*) um ein Drittel länger ist, als die Ursprungslinie derselben an den Wirbelkörpern (*4* — *12.*). Bei Frauen sind die obern Intervalle grösser, als die untern, welche Anordnung deshalb getroffen ist, weil die Frauen vorzugsweise mit dem obern Theil des Thorax respiriren. Bei Personen dagegen, welche mehr den untern Theil des Thorax beim Inspiriren ausdehnen, ist der Zwischenraum der 6. und 7. Rippe der grösste. Die untere, von der 7. bis zur 10. Rippe gehende Brustwand macht oft nach vorn einen Vorsprung. Die Biegsam-

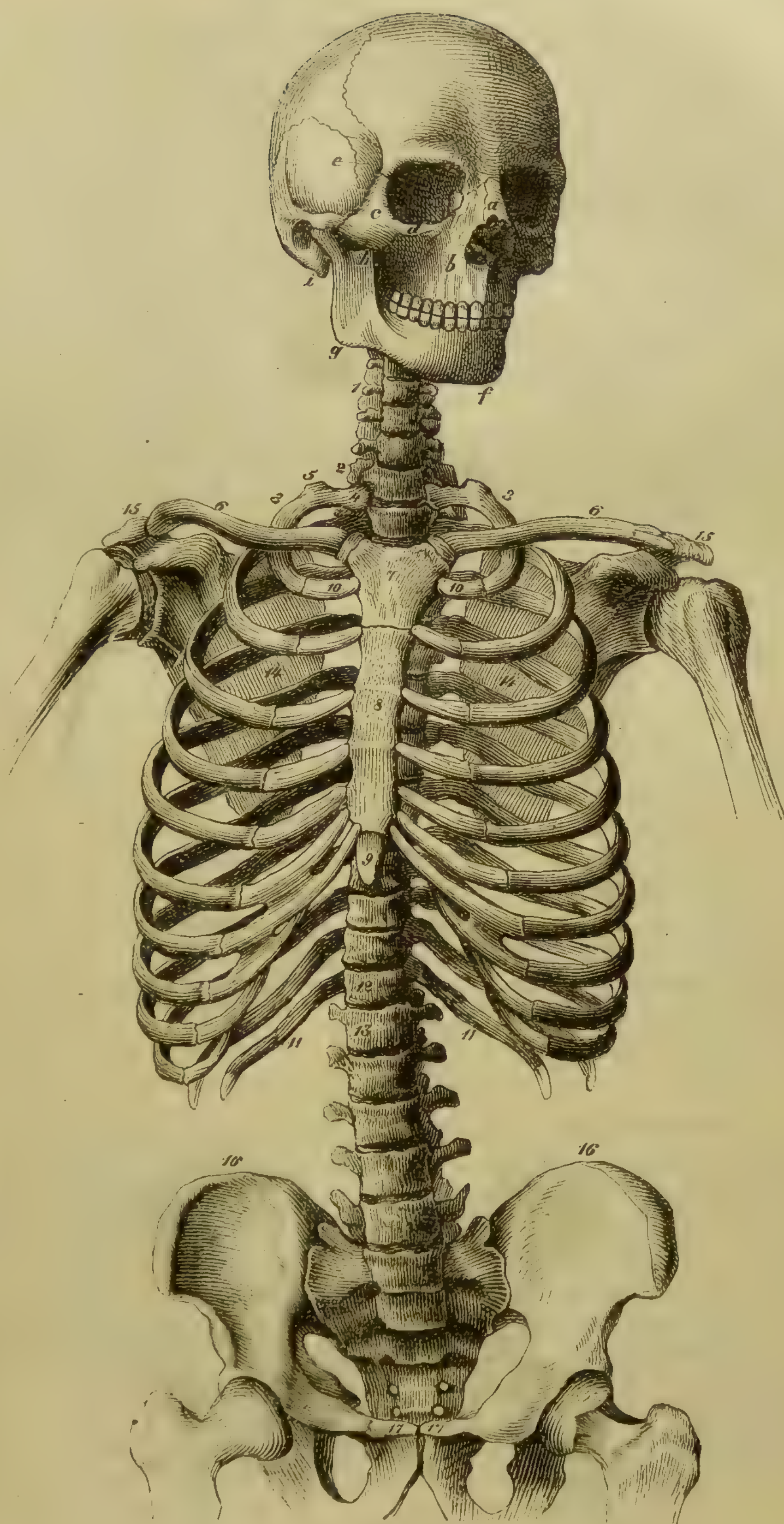


Fig. 1.

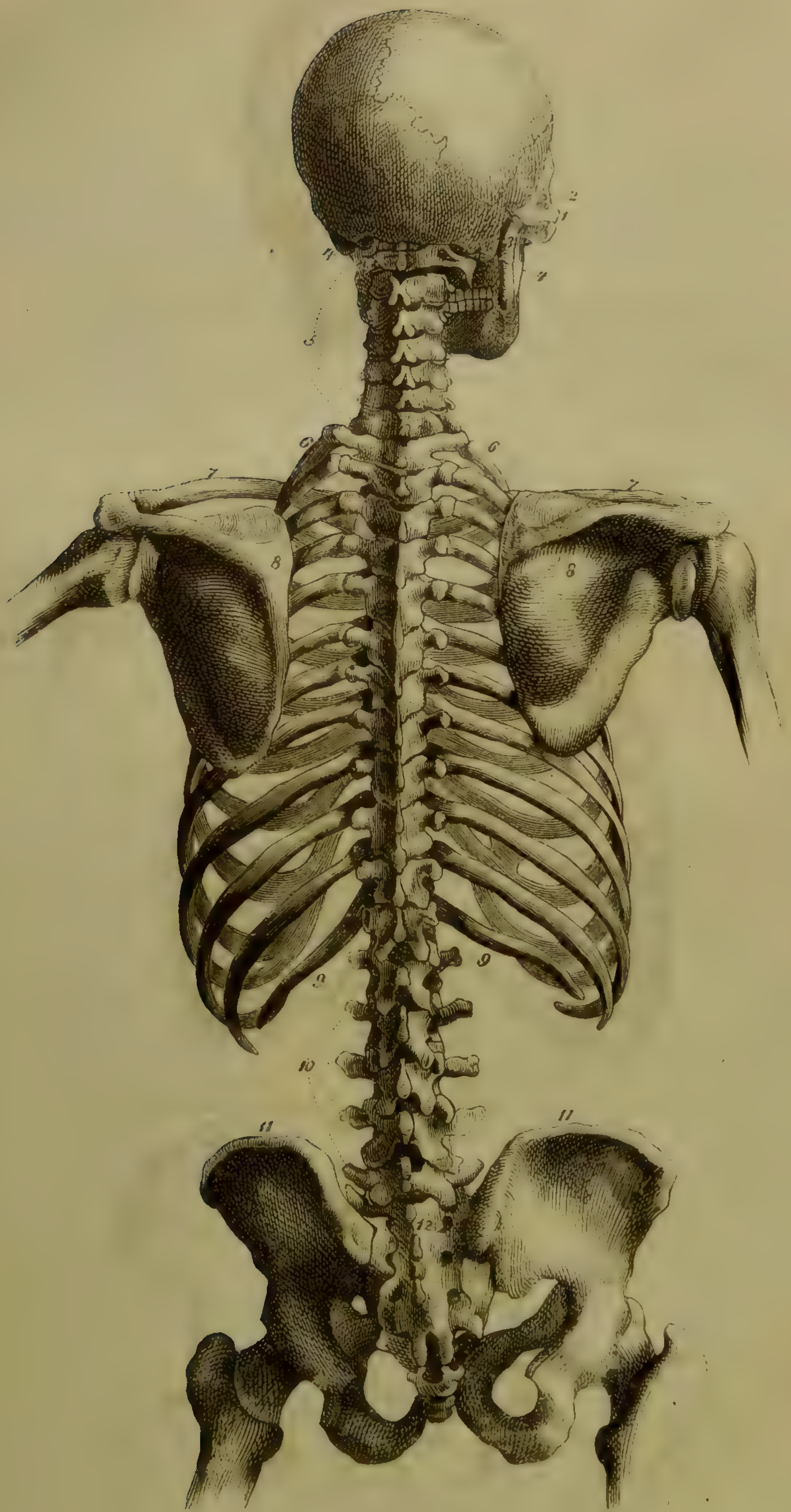


Fig. 2.

keit der Rippen ist desto grösser, je länger sie sind; ihre Elasticität ist von der Mitte an bis zur Sternalinsertion grösser, als hinten. Die 2 letzten Rippen bewegen sich mit der Bauchwand. Die erste Rippe ist bei Frauen ziemlich beweglich, dagegen sehr wenig bei Leuten, welche vorzugsweise mit dem Zwerchfelle athmen. Die Sternalartikulation fehlt oft an der ersten Rippe, und es muss dann beim obern Brustathmen das Sternum mitgehoben werden; auch folgt Letzteres den Bewegungen der untern Rippen nicht in ihrer ganzen Ausdehnung. Das Schlüsselbein (Fig. 1. *6.*) ist beim obern Brustathmen, also bei Frauen, weniger gekrümmt, als bei Männern. Die Erweiterung der Interkostalräume ist der Breite derselben proportional, also vorn beträchtlicher, als hinten, übrigens dem besondern Typus der Respiration entsprechend. Bei der gewöhnlichen Expiration kehrt der Zwischenraum auf seine normale Weite zurück, bei heftiger, beschleunigter Exspiration wird er kleiner, als bei normaler, und die Lungen werden dabei heftig komprimirt.*) Die Wirbelsäule (Fig. 2. *5—10.*) verhält sich zwar während der Respiration den Rippen gegenüber als eine Reihe fester Punkte, dennoch wird sie während der Inspiration konvexer, so dass sich der Thorax auch nach hinten zu erweitert.

Alle bieg- und dehnbar elastischen Theile des Rumpfes, die Lungen, die Luftröhre, der Kehlkopf, der Herzbeutel, die Rippen, das Brustbein (wenigstens untern Theils), die Aponeurosen zwischen den Rippen, die Unterleibsorgane, namentlich die mit Gasen erfüllten Gedärme, die sehnigen Theile der Bauchdecken u. s. w. begünstigen vermöge ihrer Elasticität oder Kompressibilität und Expansibilität die Aktion der aktiven Respirationsorgane, und werden durch ihre rein physikalen Eigenschaften die einzige Ursache der einfachen, ohne Muskelthätigkeit stattfindenden Expiration. Man findet freie Gase und flottirende Gedärme nur bei Thieren, welche ein Zwerchfell besitzen: diese Gase sind daher die natürlichen Antagonisten des Zwerchfells. Ihretwegen kann das Zwerchfell herabsteigen, ohne die Bauchwand zu verrücken; es kann daher die Bewegung derselben nicht immer genau den Grad des Herabsteigens des Zwerchfells andeuten. Ist aber erstere bedeutend, so muss letzteres noch bedeutender sein. Auch die Haut und die Respirationsmuskeln selbst, die bei der Inspiration verlängert wurden und nun sich wieder zusammenzuziehen streben, gehören zu den elastischen Agenzien der Respiration.

Aktive Respirationsorgane. Inspirationsphänomene.

Die aktiven Respirationsorgane oder die das passive Respirationsorgan bewegenden Organe sind die Muskeln des Respirationsapparats, die Träger der Kräfte, durch welche letztere überhaupt in Bewegung gesetzt werden. Der Thorax wird durch dieselben wie ein Blasebalg aufgezogen, und vermag dann vermöge seiner retraktilen Elasticität zu seinem vorigen Volumen zurückzukehren. Dieser Aufzug geschieht hauptsächlich an den Rippen, und durch diese auch am Brustbein. Indem nämlich durch die Wirkung der ziehenden Kräfte die Rippen ihre Bogen zur Längenaxe des Körpers mehr vertikal stellen und zugleich der Winkel, den die knöcherne Rippe zum Rippenknorpel macht, mehr gestreckt wird (namentlich an den unteren Rippen), wobei natürlich auch das Sternum gehoben und etwas

*) Beau in Archives generales 1844.

nach vorwärts geschoben werden muss, wird, wie im Folgenden noch deutlicher werden wird, der Raum des Thorax um ein Ansehnliches erweitert. Am weitesten dehnt sich der Thorax beim erwachsenen Menschen in seiner mittleren, unter dem Musculus Pectoralis major liegenden, über den Schwertfortsatz des Brustbeins (Fig. 1. 9.) gehenden Zone beim Einathmen aus. Ein nach vollendeter Expiration um meinen Rumpf senkrecht zur Wirbelsäule, und zwar um die obere Zone der Hypochondrial- und Epigastrialgegend gezogenes

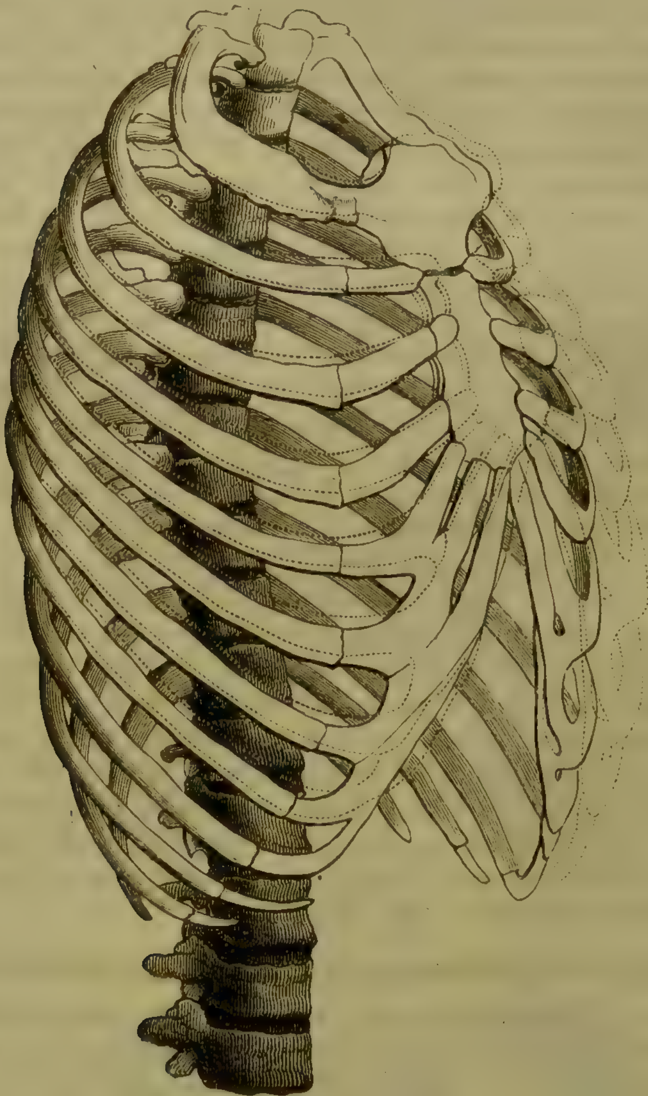


Fig. 3.

Band verlängerte sich bei einer tiefen Inspiration etwa um 2 Zoll, zuweilen noch etwas darüber, bei einer gewöhnlichen, ruhigen, seichten Inspiration etwa um 6 bis 9''' Pariser Maass. Nach oben zu nimmt diese Erweiterung für seichte sowohl als tiefe Inspirationen in progressivem Verhältnisse etwas ab, ebenso, jedoch in noch geringerem Verhältnisse nach unten für die Regio hypochondriaca, wo auch der Umfang des männlichen Rumpfes etwa 1 Zoll weniger beträgt, als in der Richtung des Processus xiphoideus. Beim gewöhnlichen ruhigen Einathmen konnte ich jedoch

keine auffallenden Unterschiede der Dilatation für die verschiedenen Zonen des Thorax auffinden. Der Brustkasten erweitert sich von der fast unbeweglich bleibenden Wirbelsäule aus nicht ganz gleichförmig nach den Seiten hin, nach vorn und nach oben. Gehoben werden die Thoraxwände während der Dilatation bald nach Art eines Systems von ringförmigen einarmigen Hebeln, deren Hypomochlia im Rückgrat sitzen, bald nach Art einer Kombinirung von 2 Systemen einarmiger Hebel, wobei wir uns die Hypomochlia des einen in den Rückenwirbeln, die des andern im Brustbein sitzend vorstellen. Nach den Seiten zu ist die Erweiterung des gesunden Thorax merklicher, namentlich in der Hypochondrialgegend, als nach vorn zu, was besonders beim Stehen des Körpers deutlich in die Augen fällt. Am auffallendsten ist diese Erweiterung am epigastrischen Dreieck oder in dem Winkel wahrzunehmen, den die zum Sternum aufsteigenden Knorpel der letzten (falschen) Rippen mit dem untern Theil des Brustbeins machen. Wenn dieser Winkel nach vollendeter Expiration etwa 40° misst, so weichen seine Schenkel (die Rippenknorpel) während der Inspiration bis auf 50°, bei tiefem Athemholen sogar bis auf 65—70° von einander.

Was die Elevation des Thorax anlangt, so besteht dieselbe in einer Raumerweiterung der Seitenwände und der Vorderwand des Thorax von unten nach oben, wie dieselbe auf Fig. 3. durch die punktirten Linien dargestellt ist. Das Brustbein wird bei jeder, auch der seichtesten Inspiration gehoben und gleichzeitig von der Wirbelsäule entfernt. Legt man sich gerade auf den Rücken, auf festem, ebenen Fussboden, den Kopf nur durch eine Hitsche oder dgl. unterstützt und so gehoben, dass man gerade, mit unverrücktem Auge auf die Füsse sehen kann, so wird man deutlich, und ohne sich zu täuschen, sehen, wie sich das Brustbein während der Inspiration hebt, während der Expiration senkt. Um genauer zu Werke zu gehen, brachte ich über meinem Körper und vertikal zu demselben einen in pariser Zolle und Linien getheilten Maassstab an, der nach den verschiedenen Gegenden des Thorax beliebig gestellt werden konnte und so weit zum Thorax herabhing, dass er auch bei der stärksten Hebung desselben noch nicht getroffen wurde. Auf die zu untersuchenden Thoraxgegenden stellte ich ein kleines dreiseitiges, genau gehobeltes Holz oder Bretchen von einer Länge von ziemlich 3 P. Z., welches an dem Maassstabe als Zeiger diente, und so die Elevationen meines Thorax auf das Genaueste angab. Das Ergebniss dieser Untersuchung war folgendes. Das Sternum hob sich bei liegendem Körper und ruhiger, normaler Inspiration allenthalben, am Processus xiphoideus sowohl, als am Manubrium, etwa 1‴, wenigstens nicht darüber; bei tiefer und hastiger Einathmung dagegen auf 9—12‴, also bis auf einen ganzen Par. Zoll.*) Auf der (linken) Seite des Thorax schwankte die Elevation der verschiedenen für die Untersuchung erreichbaren Punkte der Rippen beim ruhigen Athmen zwischen 1 und 2‴, beim tiefen und hastigen zwischen 6 und 14‴. Am höchsten erhob sich der Thorax da, wo die 5. Rippe, am meisten blieb er zurück.

*) Sibson [Lancet 1848. I. 23] fand bei ähnlichem Verfahren nur 0,02 bis 0,07 Zoll für die ruhige, und $^3/_4$ bis 2 Zoll für die tiefe Inspiration, und nach Hutchinson (Von der Capacität der Lungen und von den Athmungs-Functionen, übersetzt von Samosch, Braunschw. 1849) beträgt die Rippenbewegung beim ruhigen Einathmen nicht über 2 bis 4 Zehntheile einer Linie. S. §. 98. Am meisten hob sich dabei das Epigastrium.

wo die 8. Rippe sich mit ihrem Knorpel vereinigt. Im Allgemeinen dehnte sich bei dieser Körperlage der Thorax in der Richtung der vorderen Enden der knöchernen Rippen und in seiner obern Hälfte (2. bis 5. Rippe) mehr aus, als weiter nach der Seite und nach dem Bauche zu. Auffallend war mir, dass noch auf der 2. Rippe die Erhebung bei ruhigem Athmen $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}'''$ betrug, so wie dass im Allgemeinen das Brustbein einer gleichen Elevation fähig ist, als die Rippen selbst. Sibson (a. a. O.) beobachtete auch das Vorrücken des Unterleibes, das bei ruhiger Inspiration 0,3″, bei tiefer $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}''$ beträgt. — Um die Hebung des Sternums nach oben zu messen, befestigte ich den Maassstab seitlich, parallel zum Körper, und beobachtete, um wie viel das dreiseitige, auf den Processus xiphoideus gestellte Holz aufwärts stieg. Dabei fand ich, dass die Thoraxwände nach oben sich bei liegendem Körper weniger, als bei aufrechter Stellung, und zwar bei seichtem Athmen etwa 1‴, beim tiefen 6 — 7‴ bewegen; freilich müssen wir bei diesen Versuchen immer bedenken, dass der Körper mit dem Rückgrat aufliegt, letzteres also nicht mit ausweichen kann.

Schwieriger anzustellen und grösseren Täuschungen unterworfen sind die Versuche über die Deviation der Rippen und des Brustbeins, wenn sie bei stehendem Körper angestellt werden. Soviel vermochte ich aber zu erkennen, dass auch hier der untere Theil des Brustbeins sich nicht weiter von der Wirbelsäule entfernte, als das Manubrium desselben, und dass im Allgemeinen sowohl Brustbein als Rippen sich nicht so weit nach vorn bei der Inspiration bewegten, als bei liegendem Körper, was seinen Grund offenbar darin hat, dass die Wirbelsäule hier nach hinten konvexer wird, also die Ursprünge der mittlern und untern Rippen nach hinten rücken; ferner dass die Rippen mit ihren mittlern Portionen weiter, als mit ihren vordern von der Axe des Körpers sich entfernen, und nur die obern Rippen mehr in ihren vordern, die mittlern und untern mehr in ihren mittlern Partien abweichen, dergestalt, dass im Allgemeinen betrachtet, bei stehendem Körper die grösste Erweiterung des Thorax mehr von der Seiten- als von der Vorderwand ausgeht. Das Sternum wird hier beim gewöhnlichen Athmen höchstens 1‴ vorwärts geschoben, und zwar der Processus xiphoid. meist mehr, als das Manubrium; beim tiefen Athmen etwa 5 bis 6‴ weit. Die untern Rippenknorpel rücken etwas weiter vor ($1\frac{1}{2}'''$) beim seichten, nicht so beim tiefen Athmen; noch mehr dehnen sich die Rippen in der Gegend, welche von der Brustwarze nach innen liegt, nach vorn zu aus: $1\frac{3}{4}$ und 9 bis 10‴. Ueberhaupt rücken die mittlern und vordern Portionen der Rippen weiter auswärts, als das Sternum (7 bis 8‴ bei tiefem Einathmen), am meisten die Hypochondrialknorpel seitwärts, 2 und 10 bis 12‴. Im Allgemeinen vertheilt sich bei stehendem Körper die Dilatation des Thorax mehr auf die ganze Peripherie desselben, während sie sich bei liegendem Körper mehr auf die Vorderwand und die derselben zunächst liegenden Regionen koncentriren muss, indem die hintern Segmente der Rippen hier nicht ausweichen können.

Das Heben des Brustbeins und der Rippen bei stehendem Körper ist leichter zu messen. Bei ruhigem Athmen erhebt sich das Sternum $1\frac{1}{2}$ bis 2‴, bei tiefem bis 1″ und darüber. Die mittlern Theile der obern Rippen ebenso: etwa 2 bis $2\frac{1}{2}'''$ und 12 bis 14‴; der mittlern Rippen: 3 und 14 bis 16‴, der untersten 4 bis 5‴ und $1\frac{1}{2}$ bis 2″. Beim Stehen

(und so ziemlich auch beim Sitzen) steigt also Brustbein und Rippen höher aufwärts, als beim Liegen, wo dafür die Vorwärtsbewegung dieser Knochen mehr austrägt. Der Grund dieser von mir, wie es scheint, zuerst erkannten Verschiedenheit liegt einestheils in der verschiedenen Lage, welche die Eingeweide bei diesen beiden Körperstellungen dem Gesetze der Schwere gemäss zu einander anzunehmen suchen, anderntheils darin, dass beim Liegen die ganze vertikale Dilatation sich auf die Richtung nach vorn beschränken muss, während beim Stehen nnd Sitzen, vorausgesetzt, dass der Rücken nicht gegen einen festen Körper angelehnt wird, diese vertikale Dilatation zum Theil auch nach hinten geht, indem sich die Wirbelsäule etwas mehr wölbt.

Diese Messungen lehren also, dass sich die Rippen am meisten in ihrer Mitte, die untern falschen Rippen an ihrer tiefsten Stelle oder dem Winkel des Hypochondriums heben, an ihrer Sternalinsertion bedeutend weniger, an der Vertebralinsertion gar nicht, ferner, dass die höchste Hebung des Hypochondrialwinkels (beim tiefen Athmen) etwa 2 Zoll, die höchste Erhebung des Brustbeins nur etwa 1 Zoll (und ebensoviel die stärkste Erhebung der 1. Rippe in ihrer vordern Hälfte) beträgt, woraus hervorgeht: 1) dass sich die mittlern oder am meisten gekrümmten und am meisten von der Medianlinie des Körpers entfernten Partien der Rippen sich im Allgemeinen mehr heben, als ihre Sternalinsertionen; 2) dass die erste Rippe sich mit ihrem Bogen am wenigsten oder gar nicht über ihre Sternalinsertion erhebt, jede folgende tiefere Rippe dagegen in wachsendem Verhältniss, welches mit der Länge der Rippe (vom Vertebralende bis zur Sternalinsertion gerechnet) proportional zu sein scheint; 3) dass zu Ende der Inspiration der vertikale, alle Rippen etwa in ihrer Mitte schneidende Durchmesser einer Thoraxwand kürzer ist, als zu Ende der Expiration. — Letzterer Punkt bedarf jedoch noch einer Erläuterung. Allerdings verliert der Brustkorb während einer tiefen Inspiration an geometrischer Höhe, d. h. wenn man mittels eines grossen Zirkels die Entfernung vom Schlüsselbein oder obern Sternalende bis zum untersten (abhängigsten) Rippenknorpel misst, so wird dieser Abstand während der Inspiration kleiner, aber die Kurve, welche innerhalb dieser Grenzpunkte die Thoraxwand darstellt, wird (wie man leicht mittels einer Schnur untersuchen kann), während dieses Moments nicht nur nicht kürzer, sondern vielmehr ein wenig länger, zugleich aber auch, was eben jene Minderung der geometrischen Höhe bedingt, konvexer. Also wird, was auch die einfache Anschauung lehrt, während der Inspiration die Konvexität der Seitenwände des Thorax vermehrt; die Interkostalräume dagegen bleiben dabei so gut wie unverändert, obwohl, wie wir bald sehen werden, die Interkostalmuskeln sich verkürzen. Auch Hutchinson (a. a. O. §. 155) beobachtete, dass beim Einathmen die Rippen sich von einander entfernen, und beim Ausathmen sich einander nähern. Beau und Maissiat überzeugten sich durch Blosslegen der Rippen von Thieren *) von der Erweiterung der Rippeninterstitien im Akte der Inspiration. Dieselbe ist nach ihren Beobachtungen zwischen der 6. und 7. Rippe am beträchtlichsten.

*) Es ist doch erschrecklich, wenn man Dinge, die man ganz bequem an seinem eignen Körper beobachten kann, durch Vivisektionen armer Thiere eruiren zu müssen glaubt!

Das Schulterblatt hebt sich beim tiefen Einathmen mit dem Thorax, und zwar etwa ebenso viel, wie die untern Rippen an ihren abhängigsten Stellen. Dies beweist jedoch nichts für die obern Rippen, an welchen das Schulterblatt befestigt ist, sondern hat seinen besondern Grund, wie wir weiter unten sehen werden.

Der Unterleib, und zwar die unter den Hypochondrien liegende, nur hinten durch die Lendenwirbel getragene Zone desselben, bleibt seiner Peripherie nach während der gewöhnlichen In- und Exspiration sich so ziemlich gleich. Nur die obere, von den Rippenknorpeln überdachte und eingeschlossene Gegend (Regio hypochondriaca et epigastrica) verändert ihre Dimensionen. Zunächst gleicht sich die Rinne, die sich längs der Mittellinie des Bauches vom Brustbein an bis zum Nabel hinzieht, aus; dann hebt und verbreitert sich die dem Epigastrium angehörende Bauchwand (s. oben Sibson's Messungen), und es treten noch mehrere andere Phänomene an den Bauchmuskeln und Sehnen derselben auf, von denen wir jedoch weiter unten passender sprechen werden.

Aber auch die ganze Haltung des Körpers wird durch das Einathmen verändert, wenn man frei und ruhig dasteht. Der Kopf neigt sich beim tiefen Ausathmen nach vorn und unten, beim tiefen Einathmen erhebt er sich und wird zurückgeworfen. Der Körper neigt oder verkürzt sich beim Ausathmen. Der obere Theil der Brust und der Schultern heben sich beim tiefen Einathmen, während die seitliche Bewegung sehr unerheblich ist. *)

Ausser dem gewöhnlichen seichten und tiefen Athmen giebt es noch ein besonderes rasches und hastiges, das mehr in der Absicht, den Körper überhaupt und den Thorax insbesondere zu recken und auszudehnen, als um die Lungen sehr mit Luft zu füllen, geschieht. Bei dieser Inspirationsart wird der Unterleib nicht voller, sondern zieht sich ein, besonders die Epigastrialgegend, und die Rippenknorpel treten sehr hervor, fast wie bei einem Kadaver. Ja man hat bei dieser willkührlichen Thoraxaufziehung gar nicht nöthig, zu inspiriren; man kann bei völlig geschlossener Nase und Mund alle Inspirationsbewegungen, nur nicht alle auf einmal, machen: die Aufhebung und Erweiterung des Thorax mit Einwärtsziehung und Verengerung des Unterleibs, oder die Erweiterung und Hebung des Unterleibs bei relaxirtem Thorax. Im ersteren Falle wirken, wie wir später genauer sehen werden, die Inspirations- oder Hebemuskeln der Rippen ohne das Zwerchfell, im zweiten Falle das Zwerchfell ohne die übrigen Muskeln.

Das gewöhnliche, ruhige Athemholen zeigt bei verschiedenem Alter, Geschlecht und Leibesbeschaffenheit gewisse Verschiedenheiten. Gewöhnlich unterscheidet man hier das Rippenathmen und das Bauchathmen (Respiratio costalis et abdominalis). Nach dem Theile nämlich, an welchem die Athmenbewegungen beginnen, hat man, wie Hutchinson (Philosoph. Magaz. 1847) bemerkt, die Respirationsweise zu benennen. Ein gesundes Kostalathmen beginnt an einer der obersten Rippen und theilt sich den untern in der Reihe mit. Beau unterscheidet am Kostalathmen einen Typus mit den untern (der 7. bis 10.), und einen mit den obern Rippen. In den ersten Lebensmonaten, oft bis zum 3. Jahre, ist nach Beau der Typus abdominell, ohne dass hier das Geschlecht einen Unter-

*) Hutchinson a. a. O. §. 110. 111.

schied macht. *) Von dieser Lebensperiode an werden die Respirationstypen individuell, und zwar athmen die Mädchen mit den obern Rippen, die Knaben mit den untern und dem Zwerchfelle, dessen Kontraktionen eben das abdominelle Athmen bedingten. Nach vollendetem Wachsthum findet beim weiblichen Geschlecht das Athmen mit den obern Rippen statt, während das männliche seinen bisherigen Typus beibehält. Demnach kann sich der Thorax im Niveau bald der untern, bald der obern Rippen vorzugsweise ausdehnen. Das tiefe Athmen begreift alle 3 Typen in sich; es ist dasselbe nach Hutchinson bei beiden Geschlechtern gleich. Bei Erkrankung der Respirationsorgane oder bei verunstaltetem Thorax u. s. w. müssen natürlich noch mehr Modifikationen und Abnormitäten in den Athembewegungen eintreten. Es können hier Letztere symmetrisch oder asymmetrisch, kostal oder abdominell sein; es können sich alle oder keine Rippen bewegen, der Unterleib (das Zwerchfell) kann allein thätig sein oder nicht; die Brust kann sich in allen Dimensionen gleichzeitig erweitern, beide (oder alle drei) Athemarten können wechseln, die Costalbewegungen können wellenförmig sein u. s. w. — Ueber Mandl's Theorie der Inspiration, sowie über den Spannungsgrad der Luft an den Luftwegen bei der Inspiration werden wir später (in dem Abschnitte über die Exspirationsphänomene) das Nöthige vortragen. **)

Alle diese Inspirationsphänomene werden durch folgende Muskeln hervorgebracht: Scaleni, Sternocleidomastoideus, Intercostales externi et interni, Levatores costarum, Serratus posticus superior, Diaphragma und einige andere, deren Wirkungen wir jetzt im Einzelnen betrachten wollen.

Die Musculi scaleni (Fig. 4.), nebst dem Sternocleidomastoideus die einzigen Muskeln, welche den Thorax von seiner obern Peripherie nach aufwärts ziehen, heben, wenn sie zusammenwirken, zunächst die erste und zweite Rippe, an deren oberem Rande mittleren Theiles sie sich ansetzen, etwas nach auf- und vorwärts. Die gesammten, den einzelnen Scalenis beider Seiten zukommenden Zugs-

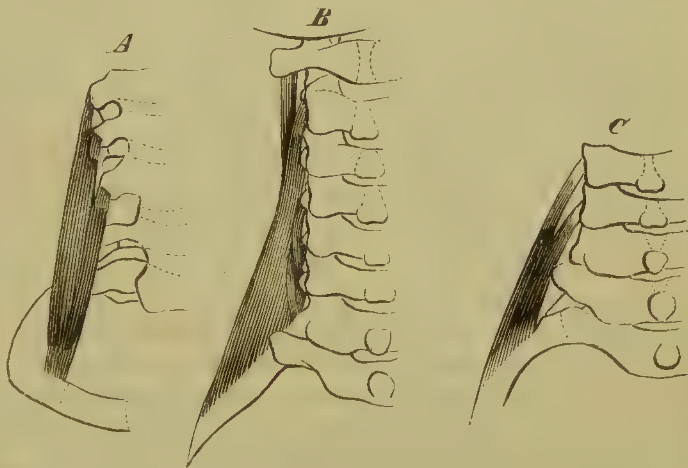


Fig. 4.

*) Bei kleinen Kindern ist nach Beau und Maissiat (Prager Vierteljahrsschrift I. 4. Hft.) die Respiratio abdominalis konstant: hat die Vortreibung des Unterleibs den höchsten Grad erreicht, so ziehen sich Rippen und Schwertknorpel dermaassen ein, dass zwischen Thorax und Unterleib eine Grube erscheint. Die Weichheit der Rippenknorpel bei Kindern ist somit das Hinderniss für den Typus des Athmens mit den untern Rippen. — Indessen tritt die Abdominalinspiration doch mehr bei solchen Kindern hervor, die an Lungenkrankheiten leiden, als an gesunden Kindern, wenigstens nach meinen Beobachtungen.

**) Ueber das Volum der Luft, welche eingeathmet wird, vergl. Bourgery in Gaz. med. 1843. 4. u. Hutchinson's Schrift über die Capacität der Lungen; und über das tiefe Athmen Hoppe in Gräfe's u. Walther's Journ. 30. Bd. 2. Hft. 1841.

richtungen vereinigen sich hierbei zu einer resultirenden oder Mittelkraft, welche wir uns beliebig als auf die Incisura sterni (Fig. 5. *b*.) oder auf einen in der obern Apertur des Thorax liegenden Punkt *g* einwirkend vorstellen können, und welche von hier aus den Thorax schräg nach oben und hinten zu ziehen strebt. Da aber der Brustkasten, zunächst also die obern Rippen und das Brustbein, ihrer Starrheit und sonstigen anatomischen Anordnung zufolge nur in einer von dieser Zugslinie *a b* sehr abweichenden Richtung *bd* sich heben können, so wird auch diese Hebung weit grösser ausfallen, als die intendirte Zugsstrecke beträgt. Stellen wir uns unter *ac* die Halswirbel, unter *c b* die erste Rippe, unter *be* den Obertheil des Brustbeins vor, und nennen wir *a b* die Mittelkraft der Scaleni beider Seiten, so wird das Sternum, wenn sich *ab* bis auf *af* verkürzt, offenbar, da es in der Richtung *bf* nicht folgen kann, bis *d* steigen müssen und so die obere Peripherie des Thorax die Lage *cd* annehmen. Die Insertion des ideellen Gesammtscalenus beschreibt während dieser Kontraktion den Kreisbogen *bd*, so dass der ganze Muskel die Lage *ad* annimmt, wenn er vorher in *a b* lag.

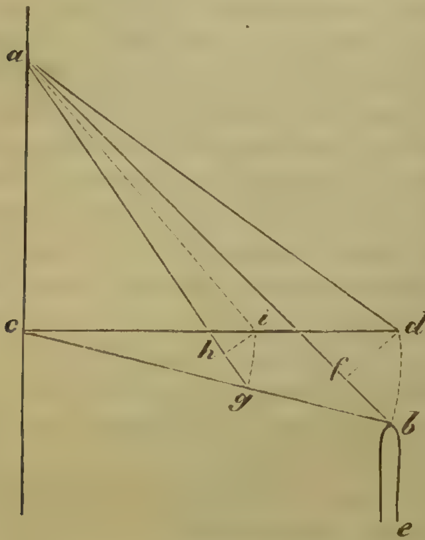


Fig. 5.

Dasselbe Resultat wird erhalten, wenn wir die Mittelkraft der Scaleni als auf *g* koncentrirt wirken und diesen Gesammtscalenus *ag* sich bis *h* kontrahiren lassen. Die erste Rippe (oder obere Peripherie des Thorax) hebt sich dann bis *i*, das Sternum, was wir uns mit dieser Rippe als fest verbunden denken müssen, gelangt demnach in diesem Falle ebenso hoch, als im ersteren.

Da nun, wie wir gesehen haben, beim gewöhnlichen ruhigen Athemholen die obern Rippen nebst Sternum so wenig in die Höhe gehen, so muss zufolge der eben gegebenen Demonstration die Wirkung (Verkürzung der Scaleni) noch weit unbeträchtlicher und fast verschwindend klein sein. Zu so einer unbedeutenden Leistung bedurfte es so langer und starker Muskeln nicht. Aus diesen Gründen ist wohl die Hauptfunktion der Scaleni eine andere, als das Heben der Rippen, und selbst der Name: Rippenhalter, der von den meisten deutschen Anatomen diesen Muskeln beigelegt wird, ist nicht ganz passend gewählt. Denn für gewöhnlich hält sich der Thorax selbst in seiner Lage, und bedarf dazu keines ausserhalb desselben liegenden Muskelzugs. Am meisten verdienen die Scaleni letztern Namen, wenn behufs einer in die Länge gezogenen Expiration der Thorax fixirt werden muss. Hier bewirken die Scaleni nebst dem Sternocleidomastoideus, dass der aufgezogene Thorax nicht niedersinkt, sondern dem Zuge der Mm. obliqui externi und Recti abdominis Stand hält. Die Hauptwirkung der Scaleni ist aber offenbar auf die Halswirbel gerichtet. Dies geht schon aus der so verschiedenen und komplicirten Insertion derselben an den Halswirbeln hervor. Wären sie zumeist zur Hebung oder nur Haltung der Rippen bestimmt, so würden sie einen weit einfacheren „Ursprung" haben. Ausserdem bitte ich noch zu bemerken, dass die Scaleni die einzigen Muskeln

sind, welche die Halswirbel zugleich seitwärts, vorwärts und abwärts ziehen: sie sind daher nothwendige Antagonisten der Nackenmuskeln und zur geraden Haltung des Halses sowohl, als auch zu allen Bewegungen desselben, die in den erwähnten Richtungen möglich sind, unentbehrlich. Demnach haben wir die respiratorische Funktion dieser Muskeln als eine nur untergeordnete zu betrachten, zumal da sie nach meinen Beobachtungen nur in gleichem Verhältniss mit dem Sternocleidomastoideus wirkend die Rippen nur mit dem Sternum zugleich heben; deshalb, und weil jedesfalls durch die Scaleni die Halswirbel mehr, als die Rippen bewegt werden, nenne ich auch, im Gegensatze zur gewöhnlichen Angabe, ihre Rippeninsertion Ursprung, ihre Wirbelinsertion Ansatz, und den ganzen Muskel nicht Rippenheber, sondern Halsbeuger.

Der M. sternocleidomastoideus*) agirt also ebenfalls bei der ruhigen Inspiration fast gar nicht, auch wenn (wie sich von selbst versteht) der Kopf durch anderweite Muskelkräfte (Splenius capitis et colli, Biventer cervicis, Trachelomastoideus etc.) hinlänglich fixirt ist; selbst bei der angestrengten, tiefen Inspiration, wo er nach der Meinung aller Physiologen, auch Beau's, thätig sein soll, ist er es nicht, der das Brustbein in der entsprechenden Richtung (s. Figur 5.) in die Höhe zieht, denn man kann bei sehr tief gesenktem Kopfe und ganz schlaffem Sternocleidomastoideus doch das Brustbein beträchtlich in die Höhe bringen, sondern diese Aufgabe ist den folgenden Muskeln vorbehalten. Auch Werner (Medic. Zeitung d. Vereins f. Heilk. in Preussen 1851. No. 10.) ist über diesen Punkt völlig derselben Ansicht.

Aber der Sternocleidomastoideus hat noch eine andere, bisher übersehene Funktion. Er kann anschwellen und hart, fest werden, ohne dass er sich verkürzt Bei allen phonischen Phänomenen, zu welchen eine stärkere Lufttension und stärkerer Muskelaufwand nöthig ist, erleidet er die eben erwähnten Veränderungen, offenbar nur in der Absicht, um den Kehlkopf, der zwischen beiden Sternomastoidei gleichsam eingeschlossen liegt, zu fixiren und so in den Stand zu setzen, gewisse andere Muskelaktionen sicherer und bestimmter auszuführen.. Das Nähere darüber s. später.

Die Musculi intercostales sind es, welche die Hauptrolle beim Mechanismus der Inspiration spielen.

Galenus hält das Zwerchfell für das Hauptorgan der ruhigen, gewöhnlichen Inspiration, und glaubt, dass die Interkostalmuskeln nur bei der tiefern, heftigeren Respiration thätig seien. Er macht einen Unterschied zwischen den Muskeln, welche zwischen den knöchernen und den, die zwischen den knorpligen Theilen der Rippen liegen, und sagt, dass die den Rippenknochen angehörigen Intercostales externi, sowie die den Rippenknorpeln angehörigen Intercostales interni den Thorax erweitern, die Intercostales interni der Knochen dagegen, sowie die Externi der Rippenknorpel den Thorax verengern. So muss nach Fabricius ab Aquapendente der scheinbare Widerspruch, der sich in den verschiedenen, hierher gehörigen Stellen Galen's**) findet, erklärt werden. — Vesal***) behauptet, dass durch die Gesammtwirkung dieser Muskeln der Thorax durchaus komprimirt und eingeengt werde, dass sie also nur bei der Expiration thätig sein. — Fabricius ab Aquapendente †) ist im Allgemeinen der-

*) Wird auf einer später folgenden, die ganze vordere Halsgegend darstellenden Figur abgebildet werden.

**) De caussis respirationis cap. 6, de dissectione musculorum cap. 12, de motu musculorum cap. 9 etc.

***) De corp. humani fabrica lib. II, cap. 35.

†) De respiratione et eius instrumentis cap. 10.

selben Ansicht, wie Galen, dessen Autorität er überhaupt möglichst aufrecht zu halten sucht. Er behauptet, dass die Richtung der Fasern der Interkostalmuskeln von der Stelle an, wo die Rippenknorpel sich nach dem Brustbein hin aufwärts kehren, plötzlich eine entgegengesetzte werde, weshalb er auch diesen beiden Schichten entgegengesetzte Funktionen anweist. Ferner stellt er den Satz auf, dass die äussern Zwischenrippenmuskeln von den untern, die innern dagegen von den obern Rändern der Rippen ihren Ursprung nehmen: was auch nur zur Aufrechthaltung seiner Ansicht erfunden zu sein scheint. Die innern Interkostalmuskeln verengen (sagt er) auch dadurch den Thoraxraum, dass sie bei ihrer Kontraktion dicker werden. Die Dilatation des Thorax bei der Zusammenziehung der äussern Intercostales, die an sich eigentlich eine Annäherung der Rippen bewirken würde (er kannte freilich das Hamberger'sche Experiment noch nicht), erklärt er dadurch, dass die Wirkung dieser Muskeln von den untersten Rippen aus beginne und allmälig nach oben sich fortpflanze. Indem nämlich zuerst und vor allem das Zwerchfell in Thätigkeit tritt, das seiner Ansicht nach die untern Rippen herabzieht, müssen beim Zuge der untersten Intercostales nach oben die entsprechenden Zwischenräume weiter werden. (!) Uebrigens könne man es mit Augen sehen, wie sich die Zwischenknorpelräume verengern, während sich die Zwischenräume der Rippenknochen erweitern und umgekehrt. — Falloppius (citirt von Fabricius a. a. O.) glaubt gar nicht an die Kontraktion der Interkostalmuskeln, sondern hält sie nur für passive, den Ligamenten in ihrer Verrichtung ähnliche Organe, während er das Heben des Thorax bei der Inspiration den Scalenis vindicirt. — Hamberger**) stellte, gestützt auf mathematische Lehrsätze, die Behauptung auf, dass die Hebung und Erweiterung des Thorax zunächst durch die Intercostales externi, die Senkung und Verengerung dagegen nur durch die Intercostales interni geschehe. Er verglich hierbei die Rippen mit Hebeln, die mit dem einen Ende an einem unbeweglichen, mit dem andern an einem beweglichen oder verschiebbaren Hypomochlion sich gegeneinander zu bewegen fähig sein. So wie nun zwei Hebel *a b* und *c d*, die einerseits an der unbeweglichen Säule *V V* (vertebrae), andrerseits an dem beweglichen Stabe *S S'* (sternum) befestigt sind, wenn der zwischen Beiden ausgespannte Faden *e f* (M. intercostalis externus) verkürzt wird, etwas aufwärts steigen und demnach *b d* sammt dem Verbindungsstabe *S S'* in die Lage *o r* zu stehen kommen, weil nämlich der in *f* aufwärts gehende Zug stärker und ausgiebiger ist, als der abwärts gehende Zug in *e*: so müssen auch die Rippen sammt dem Brustbeine, das dem Stabe *S S'* entspricht, durch die Wirkung der in der Richtung *e f* ziehenden Mm. intercostales externi gehoben und der Raum zwischen den Wirbeln und dem Brustbeine verlängert, also auch letzteres vorwärts geschoben oder von den Wirbeln entfernt werden. Zu bemerken ist dabei noch, dass durch diese Ortsveränderung der Abstand der beiden Rippen *a b* und *c d* von einander in nicht unerheblichem Grade zunimmt. Umgekehrt werden die Rippen durch die Mm. intercostales interni ebenso sammt dem Sternum herabgezogen und dabei der Umfang des Thorax, so wie auch die Intervalla intercostalia verringert, gleichwie jene beiden Hebel vermöge der Anspannung oder Verkürzung des Fadens *g h* sammt dem Querstabe *S S'* aus den angeführten Gründen ein Stück herabsteigen müssen. — Zu erwähnen ist hierbei, dass H. die Intercostales noch besonders, angeblich wegen verschiedener Richtung ihrer Fasern in Intercostales und Intercartilaginei theilt. Er behauptet nämlich, dass zwischen den Knorpeln der Rippen nur Ein Muskel liege, als Fortsetzung der Intercostales externi, dessen Fasern aber nach der den letztern entgegengesetzten Richtung verlaufen. An die Stelle des inneren Intercartilagineus sollen die Mm. sternocostales oder der Triangularis sterni treten, welchen er sonst nach Verheyn ziemlich richtig beschreibt. Durch die Wirkung dieser Intercartilaginei werde

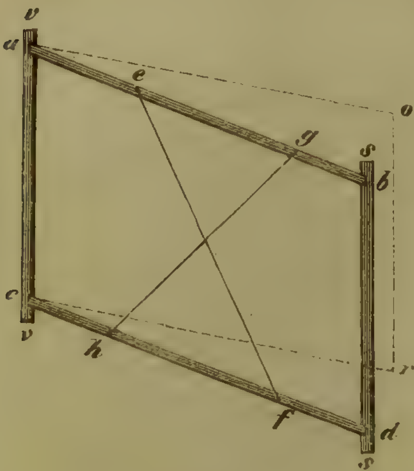


Fig. 6.

**) Georgii Erhardi Hambergeri de respirationis mechanismo et usu genuino diss. etc. Jenae 1748.

nun das Brustbein unter allen Umständen von der Wirbelsäule entfernt, und dabei nach besondern Umständen (die er leider den verschiedenen Respirationsakten zuzuweisen unterlässt) gehoben oder gesenkt, mit oder ohne die knöchernen Rippen.

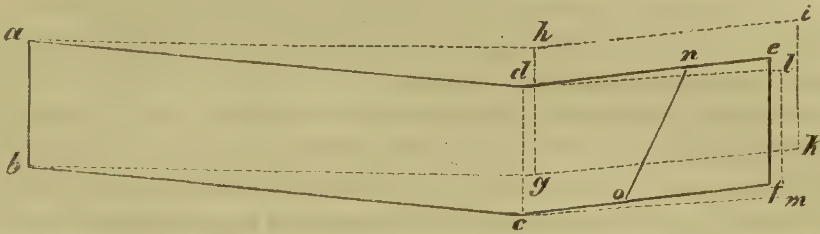


Fig. 7.

Hier stellen *a d* und *b c* zwei Rippen vor, *d e* und *c f* die dazu gehörigen Knorpel, mithin *a b* ein Stück der Wirbelsäule, *e f* ein Stück des Brustbeins, und *o p* einen M. intercartilagineus. Verkürzt dieser sich, wenn *d c* fest steht, so muss *d e* in *d m* und *c f* in *c n* übergehen; werden aber gleichzeitig die Rippen *a d* und *b c* gehoben, so steigt das Brustbein und entfernt sich von den Wirbeln noch mehr, *d c* begiebt sich nach *h g* und *e f* nach *i k*, obgleich die Winkel *e d c*, *e f c* u. s. w. sich mehr rechten nähern. — Den Mechanismus der Mm. sterno-costales stellt Hamberger nach einem ebenfalls sehr einfachen, freilich von der Natur ziemlich abweichenden Schema dar, nach welchem diese Muskeln zwar das Sternum der Wirbelsäule näher rücken und die Mm. intercartilaginei ausgedehnt, jene also als Exspirationsmuskeln dargestellt werden, aber doch auch das Brustbein etwas gehoben werden würde, wenn nicht andere Kräfte (die er nicht namentlich anführt) entgegen träten. Bei allen Wirkungen der Mm. intercostales externi und intercartilaginei werden die Zwischenrippenräume breiter, die ganze Brust weiter; bei der Wirkung der Intercostales interni und sterno-costales enger: erstere sind daher bei der Inspiration, letztere bei der Expiration wirksam.

Gegen diese Behauptungen Hamberger's wandte Haller, sich weniger um Mathematik, als um die Natur kümmernd, ein, dass sich der von Hamberger demonstrirte Unterschied der Wirkungen der Intercostales ex- und interni in der Natur nicht bestätige, dass beide Muskelgruppen gleichzeitig bei der Inspiration thätig sein, dass die angeführte Verschiebung der Rippen nach oben und vorn durch Kontraktion der Mm. intercostales externi schon deshalb nicht gut bewirkt werden könne, weil die obersten Rippen sehr fest mit dem Sternum verwachsen sein, dass die Bewegung der Rippen mehr in einem Schaukeln oder Walzen um ihre vordern und hintern Anheftungspunkte bestehe u. s. w. Hamberger blieb auf diese Einwürfe die Antwort nicht schuldig, und so entspann sich ein gelehrter Streit, der von beiden Seiten mit ziemlicher Heftigkeit geführt wurde, aber zu keinem für die Wissenschaft erspriesIichen Ende führen konnte, weil keine der streitenden Parteien der andern etwas nachgeben oder das Recht, was auf Seiten des Gegners war, anerkennen wollte. Hamberger war dabei ein schlechter Anatom, er nahm auf die Krümmung der Rippen, auf die Elasticität der Knorpel und manches Andere keine Rücksicht, Haller dagegen war ein schlechter Mathematiker, überhaupt beide keine sonderlichen Physiker, daher liessen sie den Streit unerledigt, und er blieb es seitdem so ziemlich bis auf unsere Zeit, obgleich Trendelenburg *) der Wahrheit schon ziemlich nahe gekommen war. Er beobachtete die Phänomene der Inspiration genauer und ohne solche vorgefasste Meinung, wie Hamberger und Haller. Er sah, wie die obern, mit dem Sternum fest verwachsenen Rippen ebenso gut, wie die tiefer liegenden nach oben und vorn sich bewegen, wie sich die Winkel, welche die Rippenknorpel zum Sternum bilden, dabei vereinten, wie die Mitteltheile der Rippen mehr, als die vordern Enden in die Höhe gezogen werden, dass dabei eine Flächendrehung stattfindet u. s. w., wenn er mit einem Finger das Brustbein eines frisch seiner Muskeln entkleideten Thorax in die Höhe schiebt. Dabei fand er, dass die Axe, um welche sich die beiden obersten Rippen bewegen, eine zur Wirbelsäule normale gerade und horizontal liegende ist, während die Bewegungsaxen der übrigen Rippen zur hintern Insertions-

*) Dissert. de sterni costarumque in respiratione vera genuinaque motus ratione. Gött. 1779.

stelle derselben unter einem mehr oder weniger spitzem Winkel geneigt sind (S. 21), und auch abwärts zur Spinalaxe spitze Winkel bilden, so dass bei der Inspiration der mittlere Bogen der Rippe am meisten gehoben, deren unterer Rand etwas nach aussen, der obere nach innen gedreht, die vordere Extremität nach vorn und oben gehoben wird, wobei die obersten Rippen ihren vordern Insertionswinkel nicht, die untern mehr oder weniger ändern, und der Raum der Brusthöhle merklich erweitert werden muss. Ferner wiess er nach, dass die Interkostalmuskeln unter keiner Bedingung die Rippen herabziehen können, und setzt deren Funktion hauptsächlich darin, dass sie die Thoraxwände, nachdem sie bereits aufgezogen (was er dem Zwerchfell vindicirt), fixiren, um den andern Respirationsmuskeln Puncta fixa zu ihrem Zuge darzubieten, ferner, dass sie die zum Sprechen, Singen u. s. w. erforderliche Lufttension nach Bedürfniss moderiren und modificiren. — Fast alle gegenwärtig lebende Anatomen und Physiologen drücken sich schwankend und unbestimmt über die Verrichtungen der in Rede stehenden Muskeln aus. So sagen Weber, Bock, Hyrtl u. a. nur im Allgemeinen, dass die Interkostales die Rippen gegeneinander ziehen, bei Fixirung der 1. Rippe nach aufwärts, bei Fixirung der letzten Rippe abwärts. Nach Schneider *) sind die Interkostalmuskeln bei der Inspiration unwirksam, da beim Einathmen der Thorax länger wird. Theile **) sagt von den Intercostales externi: „Wirken sie alle zusammen auf beiden Seiten beim Inspiriren, so wird die 2. Rippe gegen die 1. etwas gehoben, die 3. gegen die 2. u. s. f., so dass also der Brustkorb seitlich an Höhe verliert, zugleich aber in der Richtung von vorn nach hinten gewinnt, weil die der Bewegung folgenden Rippenknorpel den untern Theil des Brustbeins etwas nach vorn schieben." Von den innern Interkostalmuskeln bemerkt er nur: „Ihre Wirkung stimmt wohl mit der der äussern überein." Beau ***) giebt sehr abentheuerliche Ansichten über diese Muskeln zum Besten. „Da bei der Inspiration die Rippenintervalle grösser werden, können die Interkostalmuskeln keine Inspirationsmuskeln sein. Bei der Inspiration bemerkt man eine Verlängerung, ein Hartwerden, eine Konkavität an den Interkostalmuskeln, bei einfacher Expiration eine mässige Verkürzung, Minderung der Härte (als ob Weichwerden des Muskels zur Kontraktion gehörte!), ein Verschwinden der Konkavität; bei komplicirter Expiration höchste Verkürzung, Härte (?) und Konvexität derselben, und zwar wegen Kontraction der Intercostales, während die Härte derselben bei der Inspiration mit Verlängerung und Einsinken der Muskelfasern und Dilatation der Rippen verbunden ist. Die Intercostales ziehen sich nur bei der komplicirten (?) Exspiration zusammen. Schon ihre Verbindung mit den schiefen Bauchmuskeln beweist ihre exspirative Thätigkeit; auch sind sie zur Verengung der Intervalle günstig gelagert" u. s. w. — Hutchinson (a. a. O. §. 148—155) kam durch Experimente, die den Hamberger'schen auffallend ähnlich sind, zu der Ansicht, dass die Wirkung eines Interkostalmuskels die ist, die entsprechende Rippe gegen die feste Axe zu ziehen, d. h. entweder gegen den Kopf der nächst höhern Rippe oder gegen das Brustbein, je nach der Richtung der Muskelfaser gegen diese Axe. Jede äussere Zwischenrippenmuskelschicht vermag eine Rippe zu heben, unabhängig von der nächst höher gelegenen Schicht. Die Rippen sind also unabhängig von einander thätig, d. h. das Rippenathmen kann durch irgend ein Paar Rippen bewerkstelligt werden. Die erste Rippe braucht nicht fixirt zu werden, um die übrigen in die Höhe zu ziehen. Wiewohl die innern Interkostalmuskeln in entgegengesetzter Richtung verlaufen, so ist es doch möglich, dass auch sie, gemeinschaftlich mit den äussern, die Rippen erheben, da auch ihr Befestigungspunkt ein entgegengesetzter ist, indem das Brustbein an die Stelle der Wirbel tritt. „Dieser Gegenstand," sagt er, „fordert genauere Erwägung, weshalb ich ihn für jetzt fallen lassen will."

Ueberall treffen wir also auf dieselbe Unbestimmtheit und Unsicherheit, wie sie seit dem Hamberger-Haller'schen Streit zurückgeblieben ist. Daher ist ein neuer Versuch, diesen für die Theorie der Respiration so wichtigen Punkt endlich einmal ins Reine zu bringen, wohl nicht überflüssig.

Wir wissen aus den angeführten Versuchen, dass sich die mittlern Portionen

---

*) Dissert. quaestiones ad respirationis motus pertinentes. Dorpati 1840.
**) Muskellehre (Sömmering's Anatom. Neue Ausg. III. 1.) Leipz. 1841.
***) In Archives generales 1844.

der Rippen während der Inspiration mehr heben, als die vordern, dass die Dilatation des Thorax und die Vorwärtsschiebung des Brustbeins mit der Hebung desselben in ziemlich geradem Verhältniss steht, dass ferner, trotz aller Kontraktion der Interkostalmuskeln, die Länge der seitlichen Brustwand (mittelst einer Schnur gemessen) durch die Inspiration so gut wie nicht vermindert wird. Diese und manche andere Beobachtungen liessen sich nicht gut vereinbaren, wenn Haller's Theorie richtig oder genügend wäre. Denn die auch bei der seichtesten Inspiration stattfindende Vorwärtsschiebung des Brustbeins wird durch Haller nicht erklärt, weil er bei seiner Schaukelbewegung oder dem „Walzen" der Rippen die Insertionen derselben am Sternum als ebenso viel fixe Punkte annimmt, als die an den Wirbeln; und dass das Heben und noch mehr das Vorwärtsschieben des Brustbeins nicht oder wenigstens nicht nothwendig durch die Mm. sternomastoidei geschieht, habe ich bereits bemerkt. Auch lässt sich nach Haller's Erklärungen nicht einsehen, warum die Interkostalräume während der Inspiration, auch der tiefsten, in ihrem Querdurchmesser nicht verändert werden. Gegen Hamberger dagegen streitet der Umstand, dass die mittlern Rippenportionen sich mehr heben, als die vordern, dass der Thorax sich in seinen seitlichen Partien mehr dilatirt, als nach vorn, dass, wenigstens bei den obern Rippen, die von ihm demonstrirte Hebelwirkung nicht gut Statt finden kann, dass durch die Inspiration die Interkostalräume nicht breiter werden u. s. w. Was endlich die anlangt, welche beide Arten der Intercostales gleichzeitig, sowohl beim Ein- als beim Ausathmen, als aktiv annehmen, indem sie beim Einathmen die ersten, beim Ausathmen die letzten Rippen fixirt werden lassen, so begreift man bei dieser Annahme nicht, wie und wann diese Muskeln überhaupt zur Ruhe kommen oder sich relaxiren sollen. Denn sobald sich dieselben, etwa nach vollendeter Inspiration, zu relaxiren anfangen, wird ja schon die Wirkung ihrer Kontraktion, das Heben der Rippen, aufgehoben, die Rippen senken sich also schon in Folge dieser Relaxation von selbst, und können, brauchen und dürfen gar nicht erst eine neue, nach einem neuen Plane angeordnete Kontraktion abzuwarten, um sich zu senken.

Nach meinen Beobachtungen und Untersuchungen muss die Funktion der Interkostalmuskeln aus folgenden Elementen konstruirt werden.

1) Die anatomische Konstruktion und Insertion der knöchernen und knorpligen Rippen ist eine solche, dass dieselben nicht direkt gehoben werden können, sondern dass sie immer, wenn eine Kraft sie aufwärts zu bewegen sucht, in jedem Punkte ihrer selbst ein Stück eines Kreisbogens durchlaufen, dessen Richtung nach aussen und oben geht, und dessen grösste Länge im Allgemeinen in die Mitte des Rippenbogens, nicht in das vordere Ende des Rippenknorpels fällt; dass sie also eine Rotationsbewegung machen, die sich nicht immer bis auf das vordere Rippenknorpelende erstreckt, so dass nothwendig ein Heben und Vorwärtsschieben desselben, also auch des Brustbeins, damit verbunden wäre.

2) Die Kraft, welche die Rippe während der Inspiration nach auswärts treiben soll, liegt im Brustkasten selbst, nicht ausserhalb desselben, denn man kann letztern dilatiren und heben, ohne dass dabei die äussern, am Thorax sich anheftenden und nach entfernt von demselben liegenden Punkten ziehenden Muskeln mitwirken.

3) Die Träger dieser Kraft sind sämmtliche äussere und innere Interkostalmuskeln, deren Wirkung durch die Rippenheber und die Unterrippenmuskeln unterstützt wird. Alle diese Muskelgruppen sind bei der Inspiration thätig. Die Exspiration bedarf für gewöhnlich keiner besonderen Muskeln, da sie ein passiver physikaler Akt ist, der durch Relaxirung der inspiratorischen Muskeln von selbst erfolgt; nur für besondere Fälle, wo die Expiration ins Bereich der Willkühr gezogen wird, sind besondere Muskeln, von denen wir später sprechen werden, vorhanden.

4) Die Mm. intercostales externi beginnen an den Körpern der Rückenwirbelbeine, hinter den Levatores costarum, und verlaufen mit schief nach vorn und unten gerichteten Fasern zwischen je zwei Rippen bei Weitem nicht bis zum Brustbein, wie Fabricius glaubt, sondern die obersten vier hören schon 1 bis $1^1/_2$ Zoll vom Rippenknorpel entfernt auf, die folgenden 2 gelangen bis zum Knorpel, der 7. bis zum 9. gelangen fast bis zum Sternum, und die untersten bis zu den Spitzen der 11. und 12. Rippe. Uebrigens verlaufen ihre Fasern nach vorn zu allmälig weniger schief in ihren Zwischenrippenräumen, und nehmen von hinten nach vorn zu an Stärke ab. Der Grad der Schiefheit steht mit dem Grade der Neigung der Rippen so ziemlich in geradem Verhältniss. Die Intercostales interni dagegen verhalten sich fast in allen Stücken umgekehrt. Sie beginnen nicht an den Wirbeln, sondern am Sternum oder an den vordern Enden der Rippenknorpel, und reichen, besonders der mittlere dieser Muskeln, bei Weitem nicht bis zu den Querfortsätzen der Wirbel. Sie sind im Allgemeinen vorn, an ihrem Anfange, am stärksten entwickelt und nehmen nach hinten zu an Volumen ab. Die Richtung ihrer Fasern geht schief nach unten und hinten, also der der Fasern der Externi entgegengesetzt oder übers Kreuz, sie ist ferner weniger schief, als die der vorigen, und besonders nach hinten zu gehen sie fast ganz rechtwinklig von einer Rippe zur andern. Es liegt übrigens am Tage, dass Hamberger's Mm. intercartilaginei nichts Anderes sind, als die vordern Bündel der Intercostales interni. Demnach decken die beiden Interkostalmuskelgruppen einander zwischen den obern Rippen mehr in der hintern, als in der vordern Hälfte der Intervalle, zwischen den mittlern Rippen bleibt der hintere Theil vom innern, der vordere vom äussern Interkostalmuskel frei, nach unten zu dagegen werden die Intervalle fast in ihrer ganzen Ausdehnung von beiden Muskelschichten ausgefüllt. Zieht man von der Mitte der ersten Rippe bis zum Processus xiphoideus eine gerade Linie, so hat man so ziemlich die vordere Grenze der äussren Intercostales; fällt man vom obersten Brustwirbelquerfortsatz bis zum untersten eine Senkrechte, welche also die Konvexität der Wirbelsäule abschneidet, so erhält man so ziemlich die hintere Grenze der innern Intercostales. Innerhalb beider Grenzlinien liegen also beide Schichten übereinander. Vergl. hierzu Fig. 1. u. 2.

5) Ziehen sich nun die Levatores und Intercostales externi zusammen, so müssen sie allerdings, wie Hamberger mit Scharfsinn und Eleganz gezeigt hat, die Rippen so gegeneinander stellen, dass die Winkel, unter welchen sie an letztern inserirt sind, sich mehr den rechten nähern, was nicht anders geschehen kann, als indem sich die Rippen sammt dem Sternum heben. Diese Bewegung würde bei der einzelnen Rippe, besonders dem mittlern Theile, nach aussen und oben gehen; in einem blossen Schaukeln oder Walzen könnte sie schon deshalb nicht bestehen, weil die Rip-

pen an 3 Punkten befestigt sind. Das vordere Ende der einzelnen Rippe strebt also für sich in Folge der kombinirten Kontraktion der Levatores und Intercostales externi nach aussen und oben: da es aber am Sternum festsitzt und die Rippe der andern Seite die entgegengesetzte Richtung verfolgt, so muss das Sternum dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte folgend in der Diagonalrichtung, d. h. gerade aufwärts, sich bewegen, und die Rippenknorpel dabei ein wenig sich krümmen.

6) Ziehen sich die Intercostales interni (in der Regel wohl in Gemeinschaft mit den Infracostales) zusammen, so muss, in so weit die Fasern derselben wirklich schief laufen, ganz dasselbe geschehen, nur mit dem Unterschiede, dass die Zugkraft in einer andern Richtung wirkt, die Energie des Zuges von vorn nach hinten abnimmt, und dass eine Hebung des vom Angriffspunkt entfernten Rippenendes, welches hier in die Wirbelinsertion fällt, in der Wirklichkeit ebenso wenig durch diese Muskeln bewirkt werden kann, weil die Wirbel nicht nachgeben können, als eine Hebung des Sternums, wogegen allerdings durch diese Muskeln das Sternum gesenkt werden müsste, wenn sie isolirt sich zusammenzögen. *) Weil die Wirbel fest stehen, ist es geschehen, dass die Intercostales interni grossentheils sich gar nicht bis zur Wirbelinsertion erstrecken, sondern schon ein Stück vorher aufhören, dessen Betrag, wie ich sehe, mit der Länge der Rippe so ziemlich in geradem Verhältniss steht. Hierzu kommt, dass die meisten der Fasern dieser Muskeln, besonders nach hinten zu, ziemlich rechtwinklig sich inseriren, dass also dieselben bei dieser Anordnung nur so weit eine Annäherung der Rippen bewirken können, als letztere überhaupt gegen einander beweglich sind, was in der Mitte derselben am meisten der Fall ist. Daher beschränkt sich die Wirkung der Intercostales interni, als Inspirationsmuskeln betrachtet, zunächst auf die Hebung der mittlern Partien der Rippen, und sie unterstützen hierbei die Externi, wobei sie auch das Zubreitwerden der Zwischenrippenräume verhüten und bewirken helfen, dass selbige sowohl während der In- als Exspiration immer dieselbe Breite behalten. Dass sich die Intercostales interni während der Inspiration wirklich zusammenziehen, hat Haller durch zahlreiche Experimente, die er an Thieren anstellte, unwiderleglich bewiesen.

7) Beide Gruppen der Intercostales wirken also je mit ihren respectiven Energien gleichzeitig während der Inspiration, und erzeugen, unterstützt von den Rippenhebern und Unterrippenmuskeln, eine Gesammtwirkung, die wir noch etwas näher ins Auge fassen müssen. — Was das Verhältniss der Rippenheber zu den äussern Intercostales anlangt, so schei-

*) Die Festigkeit der oberen Rippen würde diesem Senken des Sternum nicht im Wege stehen. Denn die Expiration, und nur während dieser könnte das isolirte Zusammenziehen dieser Muskeln statthaben, beginnt da, wo die Inspiration aufhört, also an den untersten Rippen, die sich nach dem Hamberger'schen Dogma recht gut durch diese Muskeln herabziehen lassen würden, und die obersten Rippen würden diesem Zuge ebenso gut folgen, als sie bei der Inspiration sich heben lassen. Selbst in der neuesten Zeit hat Hutchinson gezeigt, dass die Mm. intercostales unabhängig von jedem andern Muskel, auch unabhängig von einander, wirken, dass jede Rippe sowohl für sich, als mit den andern gehoben und gesenkt werden kann. Er hält die innern Zwischenrippenmuskeln für ächte Expiratores, ebenso wie Hamberger, mit dem seine ganze Respirationstheorie überhaupt merkwürdig übereinstimmt, obwohl er diesen Gewährsmann nicht nennt. (Philos. Magaz. 1847. Septbr.)

nen Erstere der Rippe zunächst ihre Richtung, die sie bei der Inspirationsbewegung zu nehmen hat, anzuweisen, während Letztere die vorgezeichnete Bewegung vollends ausführen und zu einer für den ganzen Rippenraum bestimmten und gleichförmigen machen, und auch dazu beitragen, dass die ziehenden Kräfte allenthalben gleichmässig vertheilt werden. Wo die Zugkraft am meisten leisten kann und soll, da liegen innere und äussere Intercostales über- oder hintereinander, wo jene dagegen nur einseitig wirken kann, da ist auch nur Eine Schicht dieser Muskeln vorhanden. Daher finden wir die Knorpel der obern Rippen ganz von den äussern, und die Hintertheile der meisten, besonders der mittlern Rippen von den innern Intercostales entblösst. Bei der anatomischen Disposition der Thoraxwände würde die Inspirationsbewegung eine sehr unvollkommene, nur nach hinten und oben gerichtete sein, und an den Hindernissen, welche namentlich die Sternalverbindung mit den Rippen entgegensetzt, zum grossen Theile scheitern, wenn die Intercostales externi allein diese Funktion erfüllen sollten. Erst durch die Unterstützung seiten der Intercostales interni wird diese Bewegung komplettirt. Die resultirende Wirkung ist nun die, dass sich bei der Inspiration die mittlern Portionen der Rippen mehr heben, als die vordern oder Sternalenden derselben, wobei die Bogen der Rippen natürlich auch, wie schon ein Blick auf das Skelet (Fig. 3) lehrt, etwas nach aussen bewegt werden müssen; ferner, dass dabei die Rippen, besonders die starkgebogenen, etwas von ihrer Biegung verlieren, also der geraden Linie näher gebracht werden, was nothwendig eine stärkere Vorwärtsschiebung des Brustbeins zur Folge hat.

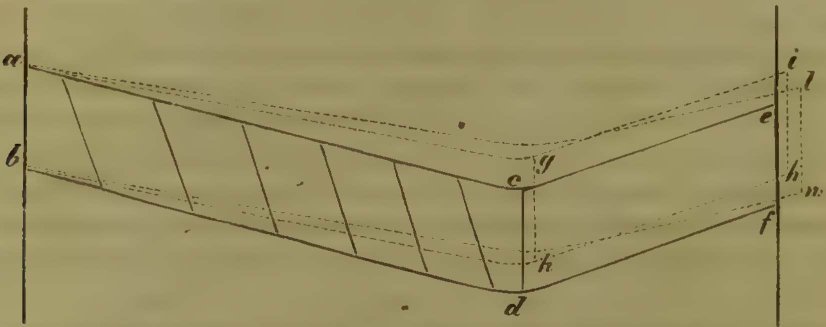


Fig. 8.

Wenn *a c* und *b d* die knöchernen, *c e* und *d f* die knorpligen Theile zweier wahren Rippen, etwa der 5. und 6. vorstellen, und wir einstweilen annehmen, dass bloss die Mm. intercostales externi (die durch die zwischen *a c* und *b d* gezogenen schiefen Linien vorgestellt werden sollen) aktiv wären, so würden die beiden Rippen, vorausgesetzt, dass das Sternum ebenso beweglich wäre, als der eine Stab in Hamberger's Modell (Fig. 6), etwa die Stellung *a g i* und *b h k* annehmen. Tritt nun die Wirkung der Intercostales interni hinzu, so muss, da weder *g h* noch *i k* als völlig feste Punkte betrachtet werden können, *g h* nach den oben angeführten Sätzen noch mehr erhöht, *i k* dagegen vertieft und dabei noch weiter, nach *l m* gerückt werden. In der Wirklichkeit können sich nun freilich die Rippen, wenigstens soweit sie knöchern sind, in der Flächenrichtung der Thoraxwand, d. h. nach auf- oder abwärts, weder strecken noch biegen, wohl aber wäre es möglich, dass durch die kombinirte Wirkung der bei-

den Interkostalmuskelgruppen wenigstens die obern Rippen, während auf die erste Rippe durch die Scaleni dieselbe Wirkung ausgeübt wird, nach einwärts etwas gezogen, so von ihrer Krümmung etwas verlieren und dadurch gestreckt werden, dergestalt, dass in Folge dieser Wirkung das Sternalende weiter von der Wirbelsäule entfernt würde, als es durch einfache Hebung möglich ist. Anders liesse sich sonst kaum vollständig erklären, wie das Manubrium sterni bei einer tiefen Inspiration weit mehr nach vorwärts als aufwärts sich bewegen könne. Doch scheint hierbei auch der M. subclavius, sowie eine andere Kraft thätig zu sein, wie wir bald weiter untersuchen wollen. Was den untern vordern knorpligen Theil des Brustkastens anlangt, so wissen wir, dass der Winkel, den die letzten Rippen zwischen sich lassen, von dessen Spitze der Processus xiphoideus herabragt, bei der Inspiration weiter oder mehrgradig wird. Gleichzeitig tritt dabei das Sternum vorwärts, und der Umfang des Rumpfes nimmt in dieser Gegend um ein Bedeutendes zu. Folglich müssen dabei die Winkel, welche die knöchernen Partien der untern Rippen zu ihren Knorpeln machen, ebenfalls etwas gestreckt werden, was sich nur durch eine Biegung der Rippenknorpel in der Gegend, wo sie sich mit ihren Rippenknochen verbinden, erklären lässt. Aber alle diese Phänomene wären unmöglich, wenn die Mm. intercostales externi allein dabei thätig wären. Die zwischen den untern Rippenknorpeln liegenden Bündel dieser Muskeln würden vielmehr, wenn Letztere allein wirkten, den untern Theil des Brustbeins wieder einwärts ziehen, ebenso wie der gleiche Faserrichtung habende Triangularis sterni; ausserdem würden die Rippenknorpel auf eine bedenkliche Art ihre Stellung zu einander ändern, Luxationen u. dergl. entstehen, wenn nicht die Fasern der Mm. intercostales interni zu Hülfe kämen und ihrerseits Dasjenige vervollständigten, was den Externis allein auszuführen unmöglich war. Nur durch die Intercostales interni wird die normale Gegenstellung der vordern Rippentheile aufrecht erhalten, und durch die von ihnen grossentheils vermittelte Ausweitung oder Streckung der der Regio hypochondriaca angehörigen Rippenbogen das Vorwärtstreten des Sternums bewirkt. Der Abstand des Sternalendes vom Vertebralende der Rippen wird bei diesem Vorgang weiter: die Rippen beider Seiten würden sich daher, wenn sie vorn frei wären, einander mit ihren vordern Enden mehr nähern: da sie aber mit denselben am Sternum sitzen, so müssen sie nach den bekannten physikalen Gesetzen eine Mittelbewegung, die nicht anders als vorwärts gehen kann, machen und das Sternum nach vorn schieben. Diese Vorwärtsbewegung des Sternums muss demnach zunächst durch die langen mittlern und untern Rippen bewirkt werden, während die obersten und untersten keinen direkten Einfluss darauf haben können. Da nun aber das Sternum ein fester Knochen ist, der keine erhebliche Krümmung zulässt, so begreift man, wie diese ihm von den genannten Rippen mitgetheilte Bewegung auch auf die obersten, sonst sehr wenig beweglichen Rippen rückwirken muss. Das Sternum zieht demnach bei der Inspiration, eben weil das Manubrium desselben bei jener dem Körper ertheilten Bewegung nicht zurückbleiben kann, die obersten Rippen mit sich, und bewirkt auf diese Art jenes Phänomen, das wir bisher noch nicht vollständig erklären konnten, nämlich: dass bei einer tiefen Inspiration der Handgriff des Brustbeins bis einen ganzen Zoll vorwärts bewegt wird, ohne in entsprechendem Grade sich zu heben.

Die Levatores costarum breves (Fig. 9. *a*) sind Hülfsmuskeln für die Intercostales. Ihr Name ist nicht ganz bezeichnend, denn wenn sie die Rippen an der Stelle, wo sie sich inseriren, wirklich direkt höben, so würde sich entweder der Vordertheil der Rippe senken, oder das Gelenk am Processus transversus des Rückenwirbels müsste aus den Fugen gehen. Vielmehr wirken diese Muskeln als Rotatores costarum; sie bewirken durch ihren Zug nach oben ausser einer kleinen Hebung auch eine Drehung auf der Gelenkfläche am Proc. transversus nach oben und hinten, wodurch die ganze übrige Rippe oder der lange Schenkel des Hebels, den die Rippe vorstellt, ziemlich gerade gehoben, zugleich nach aussen und sogar etwas nach vorn bewegt wird. Die Levatores costarum inseriren sich nach E. H. Weber *) zwischen Tuberculum und Angulus an der hintern Fläche der Rippe. Wäre dies ganz richtig, so würde der Rippenheber die Rippe nur hinten heben, zugleich aber so drehen, dass der Vordertheil der Rippe nach unten zu stehen käme. Sie setzen sich vielmehr, wie Theile richtig angiebt, an den obern Rand der Rippe, vom Tuberculum bis zum Angulus. Der erste Rippenheber ist der schwächste, der letzte der stärkste, breiteste. Auf diese Weise nach oben, innen und hinten ziehend, dreht sich die nach oben und aussen in ein Tuberculum, das die Luxation nach innen und unten verhütet, auslaufende konvexe Gelenkfläche der Rippe nach oben und hinten, während das Capitulum seinen Ort nicht verändert, und so bewegt sich die übrige Rippe nach aufwärts, auswärts und selbst etwas vorwärts: alles dies aber auf eine eigenthümliche, durch den Bau der Rippen bedingte Weise. Nämlich die Befestigung der Rippe durch das Ligamentum transversarium externum beschränkt die Hebung der Rippe und verwandelt sie in eine theilweise Drehung der Rippe um sein Tuberculum von vorn nach hinten, wodurch das vordere Ende der Rippe gehoben und ein wenig nach vorn bewegt wird. Auf diese Weise hebt sich jedoch der mittlere Theil der Rippe mehr, als das vordere Ende, weil die Rotation erst beginnt, wenn schon von hinten nach vorn die Rippe ein Stück gehoben ist, wobei das vordere Ende eher sich senkt, als mit in die Höhe geht. — Die Levatores costarum hängen mit den hintersten Bündeln der Intercostales externi ziemlich eng zusammen, und müssen daher immer mit diesen zugleich fungiren. Die gemeinschaftliche Endwirkung beider Muskelgruppen muss daher offenbar ein Heben des gesammten knöchernen Thorax mit Dilatation desselben nach den Seiten und nach vorn sein.

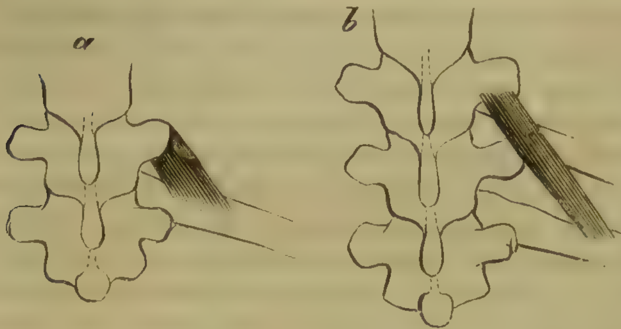


Fig. 9.

Die Levatores costarum longi (Fig. 9. *b*) unterstützen die Breves, von denen sie vielleicht nur Varietäten oder Anhängsel sind; sie ziehen die 4 untersten Rippen in die Höhe. Nach Beau (a. a. O.) sind die Levatores costarum ebenso wenig als die Intercostales Inspirationsmuskeln, sondern

*) Neue Bearbeitung der Hildebrand'schen Anatomie 2. Bd.

dienen, angeblich zufolge direkter Versuche an Hunden, zur seitlichen Bewegung der Wirbelsäule. Ob sie bei angestrengter Inspiration auch zur Erweiterung des Thorax beitragen, stellt B. in Zweifel.

Ebenso scheinen die Mm. infracostales (subcostales) die Wirkung der Intercostales interni, als deren hintere Fortsetzung sie angesehen werden können, zu unterstützen. Beau hält sie für Expirationsmuskeln.

Den M. sternocostalis (triangularis sterni) werden wir passender unter den Exspirationsmuskeln abhandeln.

M. subclavius. Von der untern Fläche der äussern Hälfte des Schlüsselbeins entspringend, verläuft er nach innen und etwas nach unten in eine starke Sehne aus, die sich an der Vereinigungsstelle des ersten Rippenknochens mit dessen Knorpel ansetzt. Er nähert diese erste Rippe dem Schlüsselbein, hebt sie also, wobei sie auch ein wenig nach aussen gezogen werden muss. Letztere Bewegung associirt sich jedoch wohl mit der, welche dieser Rippe durch den gleichzeitig wirkenden Scalenus ertheilt wird.*)

Der M. serratus posticus superior ist der letzte Muskel, welcher direkt zur Inspiration beiträgt. Er hat im Allgemeinen denselben Verlauf, welchen die Rippenheber und die äussern Interkostalmuskeln haben, nur dass er von den Dornfortsätzen der untersten Hals- und obersten Rückenwirbel entspringt, und sich vor oder nach aussen von der Insertion der entsprechenden Levatores costarum am obern Rand und der äussern Fläche der 2. bis 5. Rippe anheftet. Er muss also, wie jene, diese Rippen heben, und gleichzeitig etwas nach aussen ziehen, weil er beim Sichverkürzen zugleich gerader zu werden sucht. Auf diese Weise wird auch verhindert, dass die Rippen nach innen gerathen. Dass er gerade auf die obersten Rippen wirkt, hat seinen guten Grund, denn diese bedürfen ihrer festeren Konstruktion und ihrer kürzeren, härteren Knorpel halber einer Nachhülfe am meisten.


Fig. 10.

Ausser diesen für das Einathmen wohl unter allen Umständen erforderlichen Muskeln sind noch mehrere vorhanden, welche nur unter gewissen Umständen auf die Rippen dergestalt einwirken, dass diese sich in einer dem Zweck der Inspiration förderlichen Richtung bewegen müssen. Gewöhnlich üben sie ihre Wirkung nur, wie schon die letzteren Muskeln, auf einzelne oder einige Rippen aus, welche sie in einer bestimmten Lage festhalten können, entweder um die Inspiration zu einer vollständigeren, tieferen zu machen, oder um noch während der Expiration diese Operation fortzusetzen, damit nur die übrigen Rippen gleichzeitig nachgeben und so die Exspiration verzögert werde. Es sind demnach mehrere der folgenden Muskeln nicht nur Hülfsmuskeln für die Inspi-

*) Beau (a. a. O.) nennt den Subclavius einen Exspirationsmuskel, weil er die Clavicula herabziehe. Wenn er das auch zuweilen thut, so ist er deshalb immer noch kein Expirationsmuskel, da die Clavicula kein Theil des Thorax ist.

ration, sondern auch Hemmungsmuskeln für die Expiration, und erlangen als solche für unsern Zweck eine grosse Bedeutung.

Zuerst erwähne ich, als gelegentlichen Unterstützungsmuskel der Rippenheber, den sogenannten M. cervicalis descendens. Er kommt in einzelnen Sehnen von den Spitzen der hintern Wurzeln der Querfortsätze der 3 mittleren Halswirbel (Fig. 11. *4—6*), die sich in der Gegend des Ueberganges des Halses in den Rücken in einen länglichen Muskelbauch vereinigen, aus welchem nun wieder Sehnen sich bilden, welche sich an den obern Rand der obern 3 bis 6 Rippen, deren Winkel gegenüber, anheften und so diese Rippen aufwärts ziehen können, vorausgesetzt natürlich, dass der Hals fester gehalten wird, als die Rippen, welcher Fall freilich nicht allemal vorkommt. Wird dagegen durch den M. ilio-costalis die Wirbelsäule gestreckt und die Rippen niedergehalten, so hat auch der cervicalis descendens mit diesem gleiche Wirkung, zumal da er mit ihm an seinen untersten Sehnen fest mit den von den Rippen kommenden Ursprungsfascikeln des Ilio-costalis zusammenhängt.

Fig. 11.

Die folgenden 4 Muskeln unterstützen die Inspirationsbewegungen nur unter der Bedingung, dass der Oberarm, an welchem sie sich inseriren, fixirt ist und so als Ursprungsstelle fungirt.

Der M. pectoralis minor, als dessen oberstes Bündel der Subclavius angesehen werden kann, zieht, wenn der Oberarm, von dem er entspringt, befestigt ist, mittelst seiner 3 oder 4 am obern Rand und der Vorderfläche der 2. oder 3. bis 5. Rippe (in der Gegend der Verbindung des Knochens mit dem Knorpel) inserirten Zacken diese Rippen nach aussen und oben, und erweitert so den obern Theil des Thorax.



Fig. 12.

Der M. serratus magnus s. anticus (Fig. 13) hat dieselbe Wirkung, wenn der Oberarm nebst dem Schulterblatt fixirt ist, in noch höherem Grade, da er auf die 8 oberen Rippen in gleicher Weise wirkt, an deren Vorderfläche und unterem Rande ($1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll vom Knorpel entfernt) er sich ansetzt. Er trägt, da er so ziemlich auf die mittelsten Theile der Rippen wirkt, besonders zur Dilatation des Thorax nach aussen zu bei. S. Fabricius ab Aquapendente cap. 11. Ausserdem ist er synergisch mit dem M. del-

toideus, indem er die Scapula fixirt. und so dem Deltoideus einen fixen Insertionspunkt giebt. Vergl. Cejka in der Prager Vierteljahrschr. Bd. 27. S. 30 ff. Endlich ist er Antagonist des M. obliquus abdominis externus. und kann sogar während einer schon begonnenen Expiration, wenn dieselbe behufs eines phonischen Aktes gesteigert werden, wenn die exspirative Luft nachgehends mehr komprimirt werden soll, noch zu wirken anfangen, die untern Rippen heben und fixiren, damit der M. oblique descendens an der untern Thoraxapertur feste Ausgangspunkte für seine Zugwirkung erhalte. S. w. u. bei den Exspirationsphänomenen.

Auch der M. pectoralis maior (über dem minor liegend) kann, wenigstens seine untern Portionen unter gleichen Umständen die Rippen etwas heben und zur Inspiration beitragen.

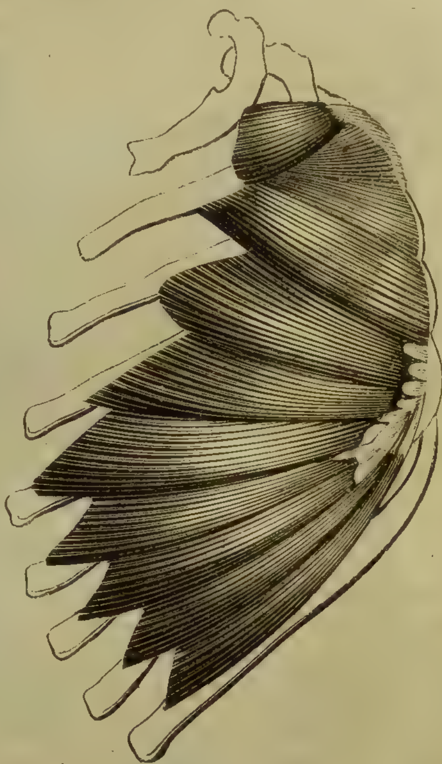


Fig. 13.

Der M. latissimus dorsi gehört wegen seiner 4 fleischigen Fascikel, die von der Spitze der 12. Rippe und vom obern Rande der 3 höheren Rippen kommen, hierher. Mag nun der Oberarm, an dessen Innenseite sich die Sehne dieses Muskels anheftet, fixirt sein oder nicht, immer müssen diese 4 Fascikel auf den Mechanismus der Respiration einen Einfluss ausüben. Denn, bildet der Oberarm den festen Punkt, ist er z. B. aufgestützt, so werden jene Muskelbündel die untern Rippen nach aussen und oben ziehen und so den Querdurchmesser des Thorax untern Theils etwa um 1 ganzen Zoll vergrössern. Daher pflegen auch Asthmatiker und Schwindsüchtige, die alle Inspirationsbewegungen zusammennehmen müssen, beim Sitzen gern sich mit den Händen an den Stuhl- oder Bettrand zu halten und so den Rumpf zu fixiren; daher bringt man an den für Gebärende bestimmten Betten Handhaben an, an welchen jene während der treibenden Wehen sich anziehen können, um gehörig pressen zu können. Ja auch Sänger auf dem Theater sehen wir oft, wenn sie vom Singen bereits müde noch Viel zu leisten haben, sich an irgend einen festen Gegenstand mit einem Arm aufstützen, um die Beihülfe dieses Muskels bei der Inspirationsthätigkeit in Anspruch nehmen zu können.

Ueberhaupt begreifen wir jetzt auch, warum Sänger auf dem Theater hinsichtlich des Effekts weit mehr leisten können, als wenn sie im Concertsaale ruhig dastehen; denn bei geeigneter Gestikulation ist eine weit bedeutendere Dilatation des Thorax möglich, namentlich wo es sich nur um gewisse Momente von Kraftäusserungen, um sogenannte Effekte, handelt, als wenn die Arme schlaff herabhängen.

Der M. serratus posticus inferior hat zwar im Allgemeinen einen ähnlichen Verlauf, wie die Exspirationsmuskeln, welche zu den Rippen

gehen, und er zieht allerdings die untern Rippen nach hinten und unten, nach den Dornfortsätzen der beiden untersten Rücken- und der 3 bis 4 obern Lendenwirbel hin: allein er macht eben dadurch, dass er die 4 untersten Rippen fixirt, die kräftige Zusammenziehung des Zwerchfells möglich und wirkt so indirekt als Inspirationsmuskel.

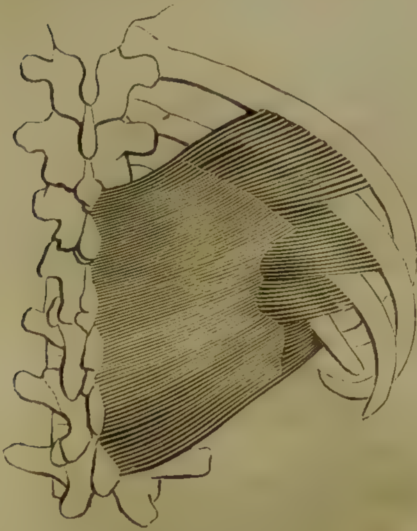


Fig. 14.

Noch werden von Beau*) der M. cucullaris und der M. levator anguli scapulae zu den Inspirationsmuskeln gerechnet. Ersterer, abgebildet z. B. im Atlas zu Oken's Naturgesch. Anatom. Tf. III. fig. 2. a, sei jedoch nur in seiner obern Portion bei angestrengtem Athmen (Dyspnöe) Inspirationsmuskel, in seiner untern Portion dagegen sei er bei angestrengter Exspiration (Husten, Niesen u. s. w.) thätig. Der (von den Querfortsätzen der obern Halswirbel entspringende, am obern Sechstheil des innern Schulterblattrands sich inserirende) levator ang. scap. verhalte sich wie die obere Portion des Cucullaris. Wir haben keinen Grund, an diesen Angaben zu zweifeln, da es deutlich genug in die Augen fällt, wie das Schulterblatt bei jeder kräftigen, angestrengten Inspiration gehoben wird. Wir sehen jetzt aber auch ein, warum dies geschieht, nämlich offenbar, um den Oberarm, an den sich mehrere der oben genannten Muskeln befestigen, zu heben und so vom Thorax weiter zu entfernen, damit auf diese Art für die Verkürzung dieser Muskeln und für die Hebung oder Auswärtsziehung der Rippen mittelst derselben mehr Spielraum gewonnen werde. — Nach Werner**) sind diese beiden Muskeln keine Inspirationsmuskeln, da selbst beim tiefen Athmen das Schulterblatt nicht fixirt werde.

Diaphragma. Das Zwerchfell ist ein so komplicirtes Muskel-Sehnengebilde, dass nicht einmal die Anatomie desselben bis jetzt gründlich gegeben worden ist; es ist daher kein Wunder, warum über die Funktionen desselben noch so wenig Bestimmtes erforscht ist, und warum die Ansichten der einzelnen Physiologen sich in diesem Punkte so vielfach entgegenlaufen. Die genaueste anatomische Beschreibung des Zwerchfells hat bis jetzt, so viel mir bekannt ist, Theile gegeben, auf welche ich hier durchaus verweisen muss; indessen auch dieser gebricht es an Deutlichkeit und Vollständigkeit. Namentlich giebt Theile nicht an, wie hoch die Schenkel des Lendentheils an der Wirbelsäule nach oben steigen, bis sie sich von derselben entfernen und nach vorn zu austreiben; ferner, welchen oder welche Winkel die von den Rippen kommenden Fasern sowohl zu den einzelnen Rippen als auch zu der Brustwand selbst bilden; unter welchen Winkeln die einzelnen Partien des Zwerchfells zum Horizonte stehen (stereometrische Beschreibung der Krümmungsverhältnisse dieses Organs); wie dasselbe mit den benachbarten Muskeln zusammen-

*) Archives générales 1844.
**) Medicin. Zeitung h. v. d. Vereine f. Heilk. in Preussen 1851. No. 10.

hängt, namentlich was die Direktionsverhältnisse anlangt u. s. w. Gleichwohl sind unsere derzeitigen anatomischen Kenntnisse vom Zwerchfell soweit gediehen, dass wir die Funktionen desselben weit genauer anzugeben im Stande sind, als bisher von den Physiologen geschehen ist.



Fig. 15.

Plato glaubte, durch das Zwerchfell werde die Anima concupiscibilis von der animosa getrennt (διαφράττεται); Aristoteles hielt dies Organ für eine Schutzwehr des Herzens (als alleinigen Sitzes dieser beiden Seelen) vor den Einflüssen des Magens. Wir werden auf diese Ansicht weiter unten zurückkommen. Galen spricht sich über die Verrichtungen des Zwerchfells nirgends bestimmt aus, da seine Hauptschrift über die Instrumente der Respiration verloren gegangen ist. Doch sagt er (de anatom. administr. cap. 5.) ausdrücklich, dass durch das blosse Zwerchfell bei der Inspiration die Präcordien gehoben (attolli), bei der Exspiration komprimirt würden; und in ähnlicher Weise an mehrern andern, von Fabricius ab Aquapendente citirten Stellen. Der erste, welcher eine bestimmte, wissenschaftliche, d. h. auf Beobachtungen und Versuche gestützte Erklärung der Funktionen dieses Organs giebt, ist Vesal. Das Zwerchfell, sagt er (Corp. hum. fabr. Pag. 292), zieht den Schwertfortsatz des Brustbeins und die Enden der untern Rippen einwärts, nach seinem Caput oder Centrum tendineum zu, und dabei auch etwas aufwärts. Dabei verengt es aber nur den untern und vordern Theil des Thorax, während es den hintern, von den knöchernen Rippen begrenzten, erweitert, indem es letztere auseinander zieht (dirimit). So wird der untere Theil des Thorax breiter und weiter, obgleich von vorn

nach hinten enger. Dass das Zwerchfell beim Einathmen herabzusteigen scheine, habe nur darin seinen Grund, dass dasselbe, wenn der Unterleib behufs einer Exkretion u. dgl. kontrahirt wird, mit herabgezogen wird. Zur Unterstützung seiner Ansicht beruft er sich auf Versuche an Thieren und am eignen Körper. — Fabricius ab Aquapendente *) hält das Zwerchfell für das einzige Organ, durch welches die gewöhnliche, ruhige Inspiration vollzogen wird. Durch die Kontraktion seiner Muskelfasern verliere es seine Krümmung vollständig, wodurch der Raum des Thorax vergrössert werde; dabei würden auch die falschen Rippen deutlich, das Brustbein undeutlich oder nur wenig herabgezogen, was gleichfalls zur Vergrösserung des Thoraxraums beitrage. Bei der tiefen und gewaltsamen Respiration wird es von den übrigen inspiratorischen Muskeln unterstützt. — Haller **), bis zu dessen Zeit nicht viel Neues für die Physiologie des Zwerchfells gethan worden zu sein scheint, öffnete, wie bereits Galen und noch ältere Anatomen gethan, den Unterleib der dazu bestimmten Thiere, und sah dabei, wie sich das Zwerchfell während der Inspiration abplattete, runzelte und sogar sich gegen die Unterleibshöhle wölbte; er sah [?] es dabei hart werden und sich zusammenziehen. Im 3. Exp. heisst es: die Inspiration begann an der Brust, die Bewegung des Zwerchfells folgte nach und endigte mit einer völligen Inspiration, bei welcher das Diaphragma, das vorher konkav war, konvex wurde. Bei der Exspiration faltete es sich (se plissoit), verlor seine Festigkeit und agirte nicht mehr. Dagegen heisst es im 5. Exp., wo dem Thiere die Brust auf einer Seite geöffnet worden war: Bei der Exspiration, und wenn das Thier zu schreien versuchte, wurde das Zwerchfell durch die Kontraktion der Brust gezwungen, gegen den Unterleib herabzusteigen, was er dadurch erklärt ***), dass es dazu durch die Abdominalmuskeln gezwungen wurde, die behufs des Schreiens sich zusammenzogen und so die Rippen herabzogen, welcher Bewegung das Zwerchfell folgen musste, ebenso wie es bei einer Verletzung desselben geschah. Es ist freilich nicht erwähnt, ob die Bewegung des Zwerchfells der der Rippen genau entsprochen habe. — Theile †) sagt über die Wirkung des Zwerchfells Folgendes. „Indem alle Fleischfasern (desselben) unmittelbar oder mittels der sehnigen Ursprungsfasern den festen Punkt am untern Rande des Brustkorbs nehmen, wird das Centrum tendineum herabgezogen und hierdurch die Brusthöhle vergrössert, die Bauchhöhle verkleinert. Das Herabziehen des Zwerchfells kann aber bei der ungleichen Länge der Muskelfasern nicht an allen Stellen gleichmässig stattfinden. Am stärksten werden die seitlichen Theile herabgezogen werden müssen, weniger stark der vor der Wirbelsäule gelegene Theil, am schwächsten der hinter dem Brustbein gelegene." — Andere, wie M. Weber und Cruveilhier, denken sich die Wirkung des Zwerchfells so, dass die als kleines und grosses Zwerchfell unterschiedenen Theile verschieden wirkten. Bei der Kontraktion des Zwerchfells soll nämlich der Lendentheil das Centrum tendineum am hintern Rande herabziehen und fixiren, so dass nun der Rippentheil den festen Punkt an demselben nehmen und die Rippen nach Weber heben, nach Cruveilhier einwärts ziehen kann. Jedenfalls müssten hier beide Wirkungen gleichzeitig eintreten: übrigens hat schon, wie wir gesehen haben, Vesal dasselbe behauptet. Durch die letztere Bewegung, wendet Theile ein, ginge aber der Vortheil der senkrechten Brusterweiterung zum Theil verloren, auch komme eine Verengerung des Thorax im untern Theile bei der Inspiration nicht vor; zudem würde diese angenommene Wirkungsweise des Rippentheils mit der der Mm. intercostales unverträglich sein, und doch wirken das Zwerchfell und die Zwischenrippenmuskeln gleichzeitig beim Einathmen: daher hält Theile diese Ansicht für unrichtig.

Nach Beau und Maissiat ††) verdankt das Zwerchfell seine Wölbung den Unterleibseingeweiden, welche es aufwärts drücken, und den Lungen, welche es anziehen, ferner der innigen Verbindung mit dem Herzbeutel, der wie eine Sehne die Fasern des Centrum tendineum vereinigt und sich an den grossen Gefässen und Aponeurosen des Halses verliert. Das Zwerchfell hat nach B. und M. zunächst den Zweck, durch sein Herabsteigen bei der Inspiration den Längendurchmesser des Brustraums zu vergrössern. Das Herabsteigen ist hinten bedeutender, als vorn. Die zum Brustbein ge-

---

*) De respiratione et ejus instrumentis, Cap. 8. 9.

**) Sur la formation du coeur etc., avec un memoire sur plusieurs phénomenes de la respiration. Tome II. Pag. 272 sqq. Lausanne 1758.

***) A. a. O. S. 289.

†) Muskellehre S. 216.

††) Prager Vierteljahrschrift für prakt. Heilkunde I. Bd. 4. Hft.

henden Fasern ziehen den vordern Rand des vordern Blattes der sehnigen Ausbreitung nach vorn und abwärts. Die zu den Rippen gehenden wirken auf ihre beiden Insertionspunkte, das Centrum tendineum und die Rippen, besonders letztere, so dass jene (?) zugleich mit dem Centrum herabsteigen, und zwar die seitlichen Blätter desselben mehr als das vordere Blatt. Ferner zieht das Zwerchfell die Rippen nach einwärts und verengt die Basis des Brustkorbs; endlich hebt es die untern Rippen und entfernt sie nach aussen zu von einander, so dass der Durchmesser der Basis thoracis vergrössert wird, und zwar wenn das Centrum tendineum bereits herabgestiegen ist, wo das Centrum selbst zum fixen Punkt wird, und die davon entspringenden Fasern einen Zug auf die an die Rippen sich inserirenden Fasern ausüben. Den Stützpunkt für das sehnige Centrum liefern die Unterleibseingeweide und die Elasticität der Lunge sammt dem Herzbeutel. Ebenso wird der Schwertknorpel, wenn das vordere Blatt des Cent. tend. herabgestiegen ist und die Muskelfasern sich zu kontrahiren fortfahren, durch diese einwärts und aufwärts gezogen. Von dem Schwertknorpel wird der Zug auf das Brustbein übergetragen, nach auf- und auswärts; von diesem auf die 6. bis 4. Rippe aufwärts. Bei der Respiratio abdominalis dienen die untern Rippen als Puncta fixa, von welchen aus das Zwerchfell sich kontrahirt. Beim Athmen mit den untern Rippen zieht sich das Zwerchfell auch zusammen, doch sind die Rippen hier viel beweglicher und werden daher, sobald sie als Puncta fixa fürs Zwerchfell zu wirken aufgehört haben, von letzterem in die Höhe gezogen.

Hutchinson (a. a. O. §. 99. bis 107.) sagt, die gewöhnliche Athembewegung werde durch den Unterleib, und zwar durch Abwärtssteigen des Zwerchfells bewirkt, das die Unterleibsorgane vor sich herdrängt, während die Haupterweiterung der Brusthöhle beim tiefen Einathmen durch die Rippen, und nicht durch das Zwerchfell geschehen soll. Er beobachtete richtig, dass der Unterleib beim tiefen Einathmen so sehr nach einwärts gezogen wird, dass das Zwerchfell dabei keine flache oder tiefe Lage annehmen könne, und bezweifelt sehr, ob das Zwerchfell bei diesem Akte überhaupt nach abwärts steigt, obwohl die Ränder desselben in entsprechender Weise gespannt werden müssen. Die Figuren (No. 15. u. 16.), durch die er diese „Spannung“ zu erläutern sucht, sind jedoch so abentheuerlich und sogar falsch (wenigstens in der deutschen Bearbeitung des Buchs), dass sie den Gegenstand mehr verwirren müssen als erläutern können.

Werner, der Skoliolog, sagt auch *): die gewöhnliche Respiration, wie sie auch während des Schlafes stattfindet, wird vom Zwerchfelle allein, ohne Mitwirkung irgend eines andern Muskels ausgeführt, obwohl ihm nicht unbekannt war, dass sich der Umfang des Thorax, über dem Processus xiphoideus gemessen, bei der gewöhnlichen Inspiration vergrössert.

Dies wären etwa die wichtigsten Ansichten über die Verrichtungen des Zwerchfells. Wir finden hier eine Meinungsdifferenz sowohl hinsichtlich der Art und Richtung, wie sich die Muskelfasern des Zwerchfells zusammenziehen, als auch hinsichtlich des Zweckes, der dadurch erreicht werden soll. Die einen nehmen die Basis des Thorax, die andern des Centrum tendineum des Zwerchfells selbst als festen Punkt an, nach welchem hin gezogen wird; ebenso herrscht durchaus keine Uebereinstimmung darin, ob das Zwerchfell wirklich sich behufs der Inspiration oder zu andern Zwecken zusammenziehe. Wir werden durch unsre Untersuchungen zeigen, dass allen den angeführten Ansichten etwas Wahres zu Grunde liege, und dass es nur bisher an mangelhafter Beobachtung und Zusammenhaltung der Respirationsphänomene im Allgemeinen gelegen hat, dass die Physiologie des Zwerchfells bisher noch so mangelhaft geblieben ist.

Der Hauptfehler, den die Physiologen aller Zeiten, allenfalls Vesal, der sich aber auch durchaus nicht klar war, ausgenommen, bei der Erklärung und Nachweisung der Funktionen des Zwerchfells machten, ist, dass sie gleich von vorn herein als ausgemacht annahmen, und als ob es sich von selbst verstünde, dass das Zwerchfell sich beim Inspiriren eben

---

*) Medicin. Zeitung herausg. vom Vereine f. Heilkunde in Preussen 1851. No. 3.

nur kontrahire und beim Exspiriren sich relaxire, ohne nur einigermaassen auf gewissenhafte Art sich der Arbeit zu unterziehen, diese vorgefasste Behauptung durch Beobachtung und Versuch zu erweisen oder zu entkräften. Weder Vesal's, noch Haller's Versuche beweisen das, was sie nach der Meinung dieser Männer sollen; ausserdem haben sich diese Leute alle das Respirationsgeschäft als eine so einfache Sache gedacht, dass sie von dem Antheile, den das Zwerchfell daran hat, schon von vorn herein sehr beschränkte Begriffe mitbringen mussten.

Wir wissen, dass sich die beiden Hälften der Peripherie des Zwerchfells, des ringförmigen unteren Randes der Brusthöhle, während der gewöhnlichen, ruhigen Inspiration sich von einander entfernen, und dass so die untere Apertur des Thorax sich erweitert. Folglich wird hierdurch schon das Centrum tendineum des Zwerchfells ein Stück herabgezogen, auch wenn die Muskelfasern desselben nur auf dem vorigen Spannungsgrade verbleiben. Vergleichen wir bei der ruhigen, normalen Inspiration diese Dilatation des Thorax mit der des Unterleibes, so werden wir eine auffallende Proportionalität zwischen beiden Bewegungen wahrnehmen. Der Unterleib treibt sich für gewöhnlich nur in seinen obern Partien auf, weil diese vom Thorax aus dilatirt werden; und wenn wir mathematisch berechnen wollten und könnten, wie weit sich die Konvexität des Zwerchfells bei einer gewissen Ausspannung seines Rahmens vermindern muss, so würden wir gewiss finden, dass das Zwerchfell bei der ruhigen Inspiration sich kaum weiter senkt, also die Unterleibsorgane nicht weiter herabdrängen kann, als es ohne aktive Mitwirkung seiner Muskelfasern in Folge der blossen Ausspannung seines Rahmens thun muss. Wenn sich aber das Zwerchfell während der Inspiration wirklich erheblich kontrahirte, wenn diese Kontraktion mit der der direkten Inspirationsmuskeln nur einigermaassen in Verhältniss stände, so müsste die Auftreibnng des Unterleibs, die Herab- und Vorwärtsdrückung des Herzens und der Bauchorgane weit auffälliger sein, als sie sich in der Wirklichkeit darbietet. Allein wir finden bei der Perkussion der Herz-, Leber- und Magengegend durchaus nicht, dass diese Organe während der Inspiration, mag sie so tief sein, wie nur möglich, merklich nach unten gerückt würden, was doch nothwendig stattfinden müsste, wenn sich das Zwerchfell so bedeutend beim Einathmen kontrahirte. Dies haben auch einige Physiologen eingesehen. Um aber die einmal dem Zwerchfell seit uralter Zeit gezollte Verehrung zu retten, halfen sie sich dadurch aus ihrer Verlegenheit, dass sie sagten, das Zwerchfell senke sich vorzugsweise in seinen seitlichen und hintern Partien. Wie das aber, wenigstens durch eine aktive Kontraktion der Muskelfasern des Zwerchfells, möglich sei, begreife ein Anderer. Sobald sich das Zwerchfell zu kontrahiren beginnt, den Rahmen desselben als fixirt betrachtet, muss nothwendig das Centrum tendineum entweder herabsteigen oder abreissen; und nehmen wir die untern Rippen als nicht fixirt an, so würde es dieselben einwärts ziehen, also dem Zwecke der Inspiration gerade entgegen arbeiten. Auch ist eine solche Abflachung, wie sie die Physiologen sich eingebildet, und Haller an seinen armen Thieren sogar gesehen haben will, beim unverletzten Thiere oder Menschen aus mechanischen Gründen gar nicht möglich. Denn was würde denn z. B. aus der so stark gewölbten harten Leber werden, wenn diese Abflachung wirklich einträte? Das Zwerchfell liegt nun einmal als Scheidewand

zwischen den Brust- und Baucheingeweiden, und muss die Lage einnehmen und behalten, die ihm diese Organe nach ihrer gegenseitigen Anordnung vorschreiben. Wenn ferner das Zwerchfell sich wirklich aktiv beim Inspiriren verkürzte, so würde es der die untern Rippen dilatirenden Wirkung der Mm. intercostales, des Serratus post. sup. u. s. w. geradezu entgegenarbeiten, und das Resultat dieser Zusammenwirkung würde so ziemlich gleich Null, d. h. unveränderte Weite der Basis des Thorax sein. Uebrigens ist es ja gar nicht wahr, dass sich bei jeder Inspiration der Unterleib (was man zunächst als Beweis für die inspiratorische Kontraktion des Zwerchfells ansah) dilatirt. Gerade bei sehr tiefen Inspirationen zieht sich im Gegentheile der Unterleib, natürlich mit Ausnahme der Hypochondrialgegend, zusammen, was gar nicht eintreten könnte, wenn das Zwerchfell dabei abgeflacht würde. Wäre das Zwerchfell ein so wesentliches Inspirationsorgan, so würde es gewiss auch den Amphibien und Vögeln, die doch auch durch Lungen athmen, nicht fehlen. Man wende hier nicht ein, dass diese Thiere, wenigstens die Amphibien, durch einen Schluck- oder Pumpmechanismus athmen (welcher auch dem Menschen nicht ganz fehlt): die Vögel athmen nur durch die Muskeln ihrer Thorax- und Bauchwandungen, und zwar noch vollkommener, als der Mensch. Endlich, wenn die bisherige Theorie richtig wäre, so würde man nicht gut einsehen, warum die Nerven des Zwerchfells einen so ganz andern Ursprung, als die übrigen Inspirationsnerven haben. Die Nn. phrenici entspringen nämlich so ziemlich von derselben Stelle des Rückenmarks, wie die Hauptwurzeln des N. accessorius Willisii, nämlich aus dem 4. Cervikalnerven *), was schon von vorn herein, auch wenn wir auf Ch. Bell's Hypothese, welcher den N. accessor. den N. respiratorius colli ext. superior, den N. phrenicus den N. respirat. thoracis internus nennt, keinen sonderlichen Werth legen, darauf zu deuten scheint, dass beide Nerven ziemlich gleiche Zwecke verfolgen, nämlich gewissen animalen, zunächst an die Exspiration gebundenen Funktionen vorzustehen.

Also bleibt uns gar nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass das Zwerchfell sich während der gewöhnlichen, von der Willkühr nicht sollicitirten Inspiration so gut wie unthätig verhält, und zur reellen Dilatation des Thorax nichts beiträgt. Es steigt zwar bei der Inspiration sein Centrum etwas herab, aber nicht durch selbsteigne Verkürzung seiner Muskelfasern, sondern mittels der Kontraktion der den Thorax dilatirenden Muskeln, so wie wohl auch durch die inspirirte Luft und die mit derselben adspirirten Flüssigkeiten, welche ebenfalls eine Masse, einen Körper darstellen, der etwas wiegt und demnach einen Druck ausüben kann, dem das Zwerchfell um so bereitwilliger gehorchen wird, als die an ihm hängenden und nach Falle strebenden, zum Theil ziemlich schweren Baucheingeweide an sich schon einen nahmhaften Zug nach unten ausüben. Ganz unthätig darf aber dabei das Zwerchfell doch nicht sein. Allerdings wird die in das bei der inspirativen Dilatation entstehen wollende Vacuum eingedrungene Luft nach Ausgleichung streben, sich durch die Eigenwärme des Körpers expandiren, und dabei auch der Basis der Lungen eine Bewegung nach unten mittheilen, weil eine eingeschlossene Luftmasse nach allen Seiten gleichmässig drückt, und diesem Druck gerade an dieser Basis am wenigsten ent-

*) Luschka, der Nervus phrenicus des Menschen. Tübingen 1853. Pag. 11 ff.

gegengewirkt wird. Allein so wie in der Brusthöhle eine Luftsäule von oben nach unten (auf die Bauchhöhle, zunächst auf das Zwerchfell), so drückt von der Bauchhöhle aus eine Luftsäule oder Luftmasse von unten nach oben, gegen die Brusthöhle. Denn der Magen und die Gedärme sind fortwährend mehr oder weniger mit Luft gefüllt, welche ebenso, wie die der Lungen, nach allen Seiten hin, also auch nach oben, einen Druck ausübt. Wenn nun während der Inspiration das Zwerchfell sich völlig passiv verhielte, so würde die zu inspirirende Luft oft mit grossen Hindernissen zu kämpfen haben, denn die Contenta des Unterleibes würden durch die Inspirationsbewegungen des Thorax eben so sicher in diesen letztern aufwärts gezogen werden, als die atmosphärische Luft abwärts. Diesem Uebelstande muss nun allerdings das Zwerchfell begegnen. Wenn wir also auch diesem Organe nicht die Fähigkeit eines reellen Beitrags zur dilatirenden Wirkung der Inspirationsmuskeln zugestehen können, so müssen wir ihm doch diese, gewiss nicht minder wichtige Funktion vindiciren, nämlich durch eine angemessene Kontraktion dem Drucke der Bauchorgane nach oben sich zu widersetzen und so den Eintritt der atmosphärischen Luft in die Brusthöhle zu erleichtern. Wäre das Zwerchfell nicht vorhanden, so würde die Lunge beim Herabsteigen sich selbst ihren Weg in die Bauchhöhle bahnen müssen, die Unterleibsluft würde mit der Brusthöhlenluft in unmittelbares Gleichgewicht sich stellen müssen; wenn also z. B. die Därme und der Magen recht von Luft aufgetrieben wären, so würden sie ganz oder fast unbehindert aufwärts steigen und den Raum der Lungen nach Umständen fast ganz ausfüllen können. Um dies zu verhindern, und den Bauchorganen nach oben zu nicht mehr Flucht zu lassen, als nach vorn, ist das Zwerchfell geschaffen worden, welches ebenso, wie die vordern Bauchmuskeln sich fortwährend auf einem gewissen Spannungsgrad befindet, der auf die Bauchorgane einen proportionalen Druck ausübt, d. h. das Zwerchfell muss sich bei der Inspiration mehr als bei der Exspiration anspannen. Das Zwerchfell ist demnach der Regulator für den zur Lungenthätigkeit erforderlichen Spannungsgrad der eingeathmeten atmosphärischen Luft, welcher unter allen Umständen sich gleich bleiben muss: es hat also bei stark angefülltem Unterleibe mehr zu leisten, als bei eingefallenem, also bei einer Inspiration mehr als bei einer andern, zuweilen soviel wie nichts, anderemale sehr viel.

Gehen wir jetzt zu der Exspiration, und zwar der unwillkührlichen, über, so haben wir schon früher bemerkt, dass dieselbe ein rein physikaler, in Aufhebung der bei der Inspiration thätigen Kräfte bestehender Akt ist, und wir werden daher auch dem Zwerchfell ebenso wenig, als irgend einem andern Muskel, eine selbstständige expiratorische Thätigkeit beilegen können. War das Zwerchfell während der Inspiration durch die Dilatation seines Rahmens, durch den von obenher wirkenden Luftdruck und durch seine eigene, der Expansionskraft der Bauchkontenta sich widersetzende Kontraktilität ein Stück herabgedrückt worden, so giebt es während der Exspiration eben so unwillkührlich wieder nach, und geht etwas in die Höhe, indem jetzt das physikale Gleichgewicht zwischen Thorax- und Bauchinhalt sich wieder herstellt. Haller's Versuche verlieren ihre Beweiskraft namentlich dadurch, dass sie bei Oeffnung der Bauch- oder Brusthöhle, also mit Aufhebung der gegenseitigen Spannungsverhältnisse angestellt wurden. Natürlich muss, wenn der vom Unterleib aufwärts gehende Druck nicht mehr vorhanden ist, das Zwerchfell bei der Inspiration stärker abwärts stei-

gen und sich selbst gegen den Unterleib zu wölben können, was beiläufig gerade einen Beweis gegen die aktive Kontraktion dieses Organs abgiebt. Ebenso muss das Zwerchfell bei aufgehobenem thoracischen Drucke stärker aufwärts während der Exspiration steigen. Ausserdem hat Haller den Einfluss des Schreiens auf die Aktion des Zwerchfells noch gar nicht zu würdigen gewusst.

Demnach halte ich das Zwerchfell gar nicht für einen direkten, sondern nur auxiliären Respirationsmuskel, welcher wenigstens zu der bei der unwillkührlichen Respiration stattfindenden Dilatation des Thorax nichts unmittelbar beiträgt.

Betrachten wir dagegen die Respiration insoweit sie zu animalen, in die Willkühr gelegten Zwecken dient, oder in Folge von Krankheit gar nicht mehr auf die gewöhnliche Weise vollzogen werden kann, so ändert sich die Sache bedeutend, und es tritt eine aktive Leistung des Zwerchfells nach der andern hervor. — Zuvörderst muss hier überhaupt erwähnt werden, dass das Zwerchfell ein Organ ist, welches, obwohl für gewöhnlich unwillkührlich vollzogenen Funktionen dienend, bei der gemischten Natur seiner Nervenfasern *) doch der Willkühr unterworfen werden kann. Wir haben schon früher gesehen, dass man alle Inspirationsbewegungen für sich, nur nicht alle auf einmal, vollziehen kann, ohne dabei wirklich zu inspiriren. Ich für meine Person habe es völlig in meiner Gewalt, bei geschlossener Nase und Mund entweder den Thorax zu heben und zu dilatiren, wobei natürlich, weil keine Luft einströmt, das Zwerchfell sich in entsprechendem Grade heben und der Unterleib sich einziehen muss, oder, die sogenannte Abdominalrespiration nachahmend, das Zwerchfell allein wirken und die Unterleibsorgane herab- und hervortreten zu lassen. Bei letzterem Versuche bleibt der Thorax so gut wie unbeweglich, obwohl die Fixatoren der Rippen in Thätigkeit treten müssen; das Zwerchfell verflacht sich, und die Regio epi- und mesogastrica treibt sich auf. Dieses lässt sich mehrmals wiederholen, und man kann, ohne dass ein Atom Luft mit ins Spiel kommt, ein förmliches Auf- und Niederwogen des Unterleibes darstellen. Weitere Folgerungen, die aus diesen Experimenten sich ziehen lassen, werden später vorkommen.

Das Zwerchfell ist hinsichtlich seiner Stellung zum Respirationsprocess bald Antagonist, bald Supplent der übrigen Respirationsmuskeln. Sobald Umstände eintreten, welche die Wirkung der Interkostalmuskeln, namentlich der obern, nicht zu Stande kommen lassen, so tritt dafür das Zwerchfell ein, welches dann, in Verbindung mit den seinen Rahmen fixirenden Muskeln das Inspirationsgeschäft übernimmt. Dabei wird das Zwerchfell auf folgende Art in seinen anatomischen und stereometrischen Verhältnissen verändert. Die untern Rippen werden, insoweit dies nöthig ist, durch den M. serratus post. inf. und Quadratus lumborum fixirt **), und die Muskelfasern, welche vom Rahmen zum Centrum tendineum laufen, nach Bedarf verkürzt. Das Centrum tendineum ist der durch verschiedene Kräfte von oben und unten am meisten fixirte Theil des Zwerchfells, verändert daher seine Stelle sehr wenig, zumal da die gekrümmten Muskelfasern des

*) Luschka a. a. O. S. 22 ff.

**) Für gewöhnlich sind die Rippen schon an sich wenigstens so fixirt, dass sie einen mässigen Zug der Muskelfasern des Zwerchfells recht gut aushalten können, ohne nach innen gezogen zu werden.

Zwerchfells vor allen Dingen gerade zu werden suchen, bevor sie ihre Insertionspunkte von der Stelle bewegen. Dieses Strecken der Muskelfasern wird überall am merklichsten und ausgiebigsten ausfallen, wo die Struktur und Lage der darüber liegenden Organe es gestattet, also am meisten auf der linken und hintern Abtheilung. Die Leber wird dabei nicht abwärts, sondern nur vorwärts bewegt und dabei etwas um ihre Axe gedreht, wie beistehende Figur deutlich machen wird.

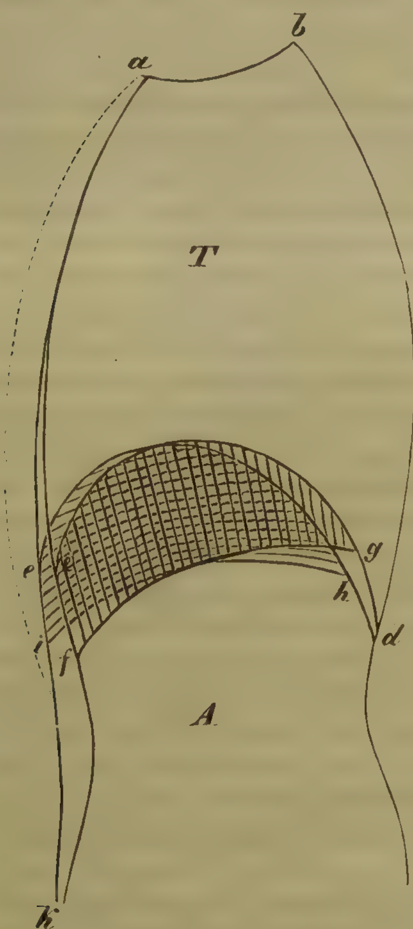


Fig. 16.

T Brusthöhle.
A Bauchhöhle.
a b Die erste Rippe.
a c f k Vorderwand bei Exspiration.
a e i k Dieselbe bei Inspiration.
b d Rückgrat.
c d Zwerchfell bei Exspiration.
e d Dasselbe bei Inspiration.
c f g Leber bei Exspiration.
e l h Dieselbe bei Inspiration.

Diese Figur, welche einen idealen Durchschnitt des Rumpfes, etwas rechts von der Mittellinie desselben genommen, vorstellt, bedarf keines weitern Kommentars, lässt sich übrigens auch mutatis mutandis (s. die punktirte Linie) auf die gewöhnliche Inspirationsnorm anwenden. Wir sehen jetzt auch ein, warum der Schöpfer den nachgiebigen Magen auf die linke Seite des Körpers gestellt hat, nämlich damit die weniger voluminöse linke Lunge sich freier ausdehnen kann, ohne das Herz dabei zu verdrängen oder sonst zu beeinträchtigen, warum sie ferner etwas tiefer herabreicht, als die rechte.

Die Kontraktion des Zwerchfells wird im Allgemeinen unter folgenden Verhältnissen stärker in Anspruch genommen, als gewöhnlich. Entweder sind die Lungen gesund, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig für die atmosphärische Luft empfänglich, aber die Brustwandungen sind, z. B. wegen rheumatischer Entzündung der Mm. intercostales, wegen Verknöcherung der Rippen u. s. w., unbeweglicher geworden; oder die Brustwände sind gesund und beweglich, aber die Lungen sind krank und haben zum Theil ihre Elasticität und Ausdehnbarkeit verloren; oder sie werden vom Unterleibsinhalt stärker gedrückt, als gewöhnlich. In allen diesen Fällen würde das Inspirationsgeschäft sehr leiden, wenn nicht das Zwerchfell zu Hülfe käme. Im ersten Falle können sich die Lungen nicht gehörig nach oben und nach den Seiten ausdehnen, weil die Intercostales den Brustkasten nicht heben und ausweiten können, und es sind daher erstere grossentheils auf die Richtung nach unten angewiesen. Hier muss nun das Zwerchfell ersetzen, was die übrigen Inspirationsmuskeln hätten leisten sollen. Da bei dieser Respirationsform die

Brustwände sich wenig, die Bauchwandungen sich lebhaft bewegen, so hat man diesen Vorgang Respiratio abdominalis genannt. Richtiger wäre jedesfalls R. phrenica oder diaphragmatica. Wir haben bereits erwähnt, dass in den ersten Lebensmonaten, oft bis zum 3. Jahre, diese Respirationsform, wahrscheinlich weil das animale Muskelsystem sich noch nicht sonderlich entwickelt hat, die normale ist. Ebenso bei alten Leuten, wo die Rippenknorpel verknöchert sind. Man kann aber auch den Mechanismus der Respiratio abdominalis künstlich, d. h. willkührlich hervorbringen, wenn man bei Beginn der Inspiration den obern Theil des Thorax so wenig als möglich dilatirt, den Athem möglichst zurückhält und gleichzeitig die Willenskraft ausschliesslich auf die untern Rippen und das Zwerchfell wirken lässt. Es ist dieser Mechanismus dem oben (S. 11.) beschriebenen so ziemlich entgegengesetzt. Wie schon erwähnt, habe ich es völlig in meiner Gewalt, die Zwerchfellaktion von der der Mm. intercostales u. s. w. zu trennen. Auch bei diesem Vorgange habe ich nie ein Herabtreten der Leber wahrnehmen können. Ein ähnliches Athmen tritt ein, wenn man die Glottis verengt, und langsam, mit allmälig wachsender Kraft die Luft einzieht. Hier bleiben wenigstens die obern Rippen völlig unbeweglich. Bei alten Leuten, wo diese Rippenknorpel verknöchert sind, ist diese Respirationsform gewöhnlich, findet besonders im Schlafe statt, und ist mit einigem Schnarchen begleitet. — Im zweiten Falle sind entweder die Inspirationsbewegungen der obern Rippen sehr bedeutend, wenn die untern und hintern Partien einer oder beider Lungen erkrankt und inspirationsunfähig geworden sind. Das Zwerchfell ist dabei, wenigstens wenn beide untern Lungenlappen hepatisirt sind, völlig unthätig, noch mehr also, als beim normalen Respirationstypus. Doch dürfte dieser Fall wohl nur selten in völlig ausgebildeter Weise vorkommen. Oder es heben und dilatiren sich nur die untern Rippen, wenn, wie bei Tuberkulose, die obern Lungenlappen keine Luft mehr aufnehmen können. Hier muss natürlich das Zwerchfell, soweit es die Kapacität der noch brauchbaren Lungenpartien zulässt, nachhelfen. Immer ist aber die Respiration unter diesen Umständen eine angestrengte und beschleunigte, weil sich von einer Seite her nicht soviel leisten lässt, als von mehreren. Beim Emphysem dagegen, wo die Lungenbläschen über die Norm erweitert sind, und der mittlere Umfang der Lungen zugenommen hat, steht das Zwerchfell immer etwas tiefer, weil der ganze Raum des Thorax, also auch der Rahmen des Zwerchfells dilatirt ist. Da aus diesem Grunde und auf diese Art das Zwerchfell schon vor der Inspiration etwas von seiner Wölbung verloren hat, und keinen so grossen Spielraum mehr hat, vermag dasselbe, auch wenn es sich noch so kräftig kontrahirt, doch für die Dilatation des Thorax nach unten nicht viel zu leisten und ermüdet bald. — Im dritten Falle ist der Druck der Bauchkontenta gegen das Zwerchfell aufwärts vermehrt und der Thoraxraum kleiner geworden, wie bei bedeutender Hypertrophie der Leber und Milz, bei Bauchwassersucht, Tympanitis, vorgerückter Schwangerschaft u. s. w. Hier wird natürlich ebenfalls das Zwerchfell mehr als sonst in Anspruch genommen, schon deshalb, weil es einen stärkern Druck seiten des Unterleibes vom Thorax abzuhalten hat.

Das Zwerchfell als unteres Schliessungsorgan der Brusthöhle steht ferner in einer gewissen Synergie oder Sympathie zu der Glottis oder dem obern Schliessungsorgan des Thorax, und diese Association oder Koordination

ihrer respektiven Thätigkeiten, welche sich schon a priori aus dem so nahen Ursprunge des N. accessorius W. (des Bewegungsnerven der die Glottis schliessenden Muskeln des Kehlkopfs) und des N. phrenicus deduciren lässt, tritt namentlich bei folgenden In- und Expirationsphänomenen hervor. Zuerst beim Weinen, besonders bei dem dabei stattfindenden Schluchzen und dem sogen. Bockstossen. Die Hauptsache dabei ist eine sonst auf gewöhnliche Art vollzogene Einathmung, die aber in mehrere Abschnitte getheilt ist, indem der eindringende Luftstrom einigemale durch die sich krampfhaft oder unwillkührlich schliessende oder stark verengende Glottis unterbrochen wird. Jede solche Schliessung giebt der inspirirten Luft, die nach dem Gesetze der Trägheit noch weiter möchte, einen Stoss, der sich natürlich zumeist dem Zwerchfelle, als der entgegengesetzten und zugleich nachgiebigsten Seite der Brust, mittheilt: dieses muss sich daher diesem Stosse akkommodiren und in entsprechendem Maasse kontrahiren; es senkt sich daher und der Bauch treibt sich unter demselben auf. Beim Bockstossen findet ganz dasselbe Statt, nur kommen die Stösse einzeln und nehmen jeder eine ganze, nicht mehr getheilte, Inspiration in Anspruch. Das Schluchzen oder der Schlucken (wie es bei uns genannt wird) ist ein ähnlicher Vorgang, aber von dem Respirationsmechanismus unabhängig. Es ist ein klonischer, d. h. momentaner, in kurzen Intervallen sich wiederholender Krampf des Zwerchfells, welcher bekanntlich sowohl im Zustande der Gesundheit (in Folge einer Ueberreizung des Magens durch Speisen und Getränke u. s. w.), als auch als Symptom von wirklicher Zwerchfellkrankheit vorzukommen pflegt. Hier wird gleichzeitig mit der Kontraktion des Zwerchfells die Glottis sympathisch verengt oder geschlossen und springt im nächsten Moment, wenn das Zwerchfell wieder zurücktritt, mit dem bekannten Geräusche wieder auf, wobei natürlich die Respirationsthätigkeit auf einen Augenblick unterbrochen werden muss. — Die exspiratorischen Phänomene, bei welchen das Zwerchfell mit thätig sein soll, sind: Gähnen, Seufzen, Lachen, Niessen und Husten. Die erstern beiden sind Verlängerungen, die andern Verstärkungen oder Beschleunigungen des Ausathmens. Die Verlängerung des Ausathmens geschieht natürlich mittels Verengung der Glottis, ebenso wie beim Singen und andern phonischen Phänomenen. Dabei muss sich in gleichem Maasse das Zwerchfell anspannen, damit es durch den Druck, der von unten kommt, nicht zu rasch in die Höhe getrieben werde. Wir kommen auf diesen Mechanismus noch einmal zurück. Das Zwerchfell wird ausserdem ebenso allmälig durch Aktion andrer Kräfte aufwärts bewegt und relaxirt. Das Lachen ist, sowie in psychischer, ebenso auch in physischer Hinsicht dem Weinen, und zwar insofern gerade entgegengesetzt, als es nicht während der Inspiration, sondern während der Exspiration stattfindet. Seinem Mechanismus nach ist es aber dem Weinen einigermaassen ähnlich, indem es auch aus einzelnen schnell auf einander folgenden Exspirationssektionen, also mit Hülfe des Glottisschlusses, gebildet wird. Dieser Glottisschluss ist aber in keinem Momente des Lachstosses vollkommen, sondern es wird die Stimmritze dabei nur soweit verengt, dass darin beim gewaltsamen Durchstreichen der Luft ein Ton, der durch die geeignete Stellung der Organe des Ansatzrohrs zum Vokale (a, ä, e u. s. w.) sich gestaltet, möglich wird. Der exspiratorische Stoss wird durch rasche Kompression des Thorax von der Seite her (mittels der Mm. obliqui interni, des Rectus etc.) bewirkt, wodurch, bei gleichzeitiger

phonischer Verengung der Glottis, die Thoraxluft komprimirt und gegen das Zwerchfell gedrängt wird, welches bei jedem Lachstosse ein Stück herabsteigt und die Bauchorgane nach unten und aussen treibt, worauf sich die Glottis wieder erweitert, und die Bauchmuskeln in umgekehrter Richtung nach innen und oben wirkend das Zwerchfell wieder in die Höhe schnellen. Das Zwerchfell verhält sich also den Exspirationsmuskeln gegenüber passiv, d. h. es lässt sich durch die abwärts drückende Luft ebenfalls abwärts schnellen, passt sich aber natürlich sofort wieder den im nächsten Moment eintretenden statischen Verhältnissen an. Einen selbständigen Impuls giebt es nicht, obwohl es möglich ist, dass es bei der Verengung der Basis des Thorax etwas mitwirkt, wobei sein Centrum tiefer zu stehen kommt. Beim Husten und Niessen findet so ziemlich derselbe Druckmechanismus statt, nur ist der Endpunkt, gegen den die Druckkraft gerichtet ist, verschieden. Wie das Lachen dem Weinen, so ist der Husten dem Bockstossen so ziemlich entgegengesetzt, nur mit dem Unterschiede, dass auf eine Exspiration 2 bis 3 Hustenstösse kommen können. Es lassen sich im Allgemeinen zwei Arten des Hustens unterscheiden. Die eine Art, die wir Räusperhusten nennen wollen, beginnt nach einer tiefen Inspiration bei offener Glottis, die sich zu Ende des Hustenstosses schliesst, wobei das Zwerchfell und der Unterleib einen fühl- und sichtbaren Rückstoss erleidet; bei der andern Art, beim Brusthusten, wird die Glottis im ersten Momente völlig geschlossen und so die Thoraxluft bis zu einem gewissen Grade komprimirt, im 2. Momente öffnet sie sich rasch, und die komprimirte Luft wird durch die schnelle Relaxation der Inspirationsmuskeln hervorgestossen. Beim Niessen bleibt die Glottis offen, und die Exspiration wird stets völlig zu diesem Akte verwandt. Die Luft findet ihren Ausgang durch die Choanae narium und Nasenkanäle. Vor jedem Niessanfall wird tief, zuweilen in einigen Absätzen, inspirirt, um mit einer desto grössern Luftmasse operiren zu können, was schon deshalb nöthig ist, weil die Luft hier wegen des Offenbleibens der Glottis nicht so stark komprimirt werden kann, wie beim Husten, wo jene erst gewaltsam geöffnet werden muss. Der kontraktive Mechanismus verhält sich jedoch, wie beim Lachen und Husten.

Was die willkührlichen phonischen, in den Exspirationsakt eingelegten Vorgänge anlangt, so werden wir zwar erst später im Zusammenhange über die Mechanismen derselben sprechen können, wollen aber doch einstweilen Dasjenige daraus anticipiren, was sich auf das Zwerchfell bezieht. Jeder phonische Vorgang, der exspirando vollzogen wird, besteht im Wesentlichen in einer Exspirationshemmung, vermittelt durch Verengerung der Glottis und entsprechende Kompression der thoracischen Luftsäule. Diese Kompression wird durch die Abdominalmuskeln vollzogen. Wenn es sich dabei um weiter nichts handelte, als um irgend eine Compression à tout prix, so würde dabei das Zwerchfell ein höchst überflüssiges Organ sein. Allein wir haben bereits erwähnt, dass das Zwerchfell die wichtige Funktion hat, die gegenseitige Spannung der thoracischen und abdominalen Luft zweckmässig aufrecht zu halten. War dies schon für die gewöhnliche Respiration erforderlich, so ist es dies für die phonischen Vorgänge noch in weit höherem Grade. Hier kommt es darauf an, den Druck der thoracischen Luft innerhalb einer und derselben Respiration auf verschiedene genau berechnete Weise und in verschiedener Abwechselung nach Belieben zu modificiren. Dies wäre schlechterdings unmöglich, wenn die von den Bauchmus-

keln bewegten Unterleibseingeweide unmittelbar auf die Lungen drückten: es wird aber sofort möglich, sobald ein den Bauchmuskeln gegenwirkendes, zwischen diese und die Lungen gestelltes Organ in Thätigkeit tritt. Das Zwerchfell vermag durch verschiedene Grade der Kontraktion seiner Muskelfasern in Synergie und Harmonie mit den Fasern der Schliessmuskeln der Glottis die Brusthöhle so abzugrenzen, dass die in ihr enthaltene Luft nicht mit einemmale oder sonst auf ungeordnete Weise durch die rohe Aktion der Abdominalmuskeln und respektive der sich expandirenden und überhaupt stets in statischen Veränderungen begriffenen Unterleibsorgane ausgetrieben werden kann, sondern in der vom Individuum beabsichtigten Zeit, Stärke und Tonhöhe entweichen muss. Es lässt sich in dieser Hinsicht das Zwerchfell als ein Regulator oder Antagonist der Bauchmuskeln bezeichnen. Je komprimirter die Luft durch die Glottis entweichen, je stärker der Ton ausfallen soll, desto stärker muss auch das Zwerchfell dem kontraktiven Drucke der Bauchmuskeln, der aber natürlich die Oberhand behalten muss, sich widersetzen, damit derselbe um so nachhaltiger wirken kann. Die Lebenserscheinungen des Zwerchfells bei der phonischen Exspiration bestehen also in einem mehr oder weniger hartnäckigen Verharren auf dem zu Ende der Inspiration eingenommenen Standpunkte und Verkürzungsgrade seiner Muskelfasern, wodurch es die von unten her drängenden Eingeweide in ihrer Bewegung hemmt, und durch dieses Hinderniss den von ihnen zu leistenden Druck theils verlängert, theils verstärkt.

Wenn bei diesen Vorgängen das Zwerchfell, trotz seiner Kontraktion, doch endlich zur Kompression der Lungenluft dienen musste, so wirkt es, sobald die Glottis nach einer Inspiration vollständig geschlossen wird, als aktives Organ durch seine Kontraktion zur ausschliesslichen Konstriktion und Koangustation der Bauchhöhle. Vermöge der ihm angewiesenen Lage kann das Zwerchfell durch seine Kontraktion und dabei stattfindende Straffziehung sich nur senken und daher direkt nur auf die Baucheingeweide einen Druck ausüben, während jeder Druck von unten nach oben auf die Brusteingeweide durch die eigentlichen Muskeln der Vorder- und Seitenwände des Bauchs bewirkt wird. Soll der Druck dagegen nach unten gehen, soll überhaupt die ganze Bauchhöhle in allen ihren Dimensionen verkleinert werden, so muss das Zwerchfell mit den übrigen Bauchmuskeln zusammen wirken. Dazu ist aber nöthig, dass der Rahmen des Zwerchfells durch die anhaltende Wirkung der denselben fixirenden Muskeln bei geschlossener Glottis, also bei angehaltenem Athem fest gehalten werde, ohne jedoch dadurch auch für die Thoraxwände die exspiratorische Bewegung ganz aufzuhalten. Es verkleinert sich also bei diesem Vorgang nicht nur die Bauchhöhle, sondern auch die Brusthöhle, nur dass dabei die in derselben enthaltene Luft nicht entweichen darf, sondern zurückgehalten wird, damit sie durch ihr Streben nach Expansion mit nach unten wirken, also mit auf die Bauchhöhle drücken hilft. Der Endeffekt ist also nach den Mündungen der Exkretionskanäle des Unterleibs gerichtet. Bei allen aus der Bauchhöhle vor sich gehen sollenden Ausleerungen, beim Stuhlgang, Uriniren, Saamenerguss, Gebären findet diese Kompression des Unterleibs statt. Beim Brechen geht die Richtung des Drucks sowohl nach unten, als auch nach oben und hinten: der Druck wird auf den Magen, als das zu entleerende Organ, koncentrirt, während durch gleichzeitige Kontraktion der Längenfasern der Cardia und Speiseröhre der Ausgang nach oben offen gehalten

wird. Durch die Kontraktion des Zwerchfells wird von hinten und oben, durch die der übrigen Bauchmuskeln von vorn und mittelbar selbst von unten auf die Magenwände gedrückt. Das Zwerchfell scheint fast immer in seiner ganzen Ausdehnung sich zusammenzuziehen, selbst beim Brechen, wo doch eine einseitige Wirkung hinreichen würde; denn dass die Leber bei diesem Vorgange ebenso einem Drucke ausgesetzt ist, als der Magen, geht schon daraus hervor, dass bei jedem nur einigermaassen anhaltenden Erbrechen Galle entleert wird.

Haben wir nun gesehen, wie das Zwerchfell als bewegendes Organ beim Inspiriren sowohl als auch beim Exspiriren eine mehr untergeordnete, als Constrictor abdominis dagegen eine selbstständige, wesentliche Rolle spielt, so wollen wir noch in Kürze seine Bedeutung für die statischen Verhältnisse des menschlichen Körpers betrachten. Das Zwerchfell dient als Scheidewand zwischen den Brust- und Baucheingeweiden. Diese Scheidung ist bei den Säugethieren und dem Menschen nöthig, um der übermässigen Ausdehnung der Lungen einerseits, die bei leerem Unterleibe, und der abnormen Ausdehnung der Bauchorgane andrerseits, die bei vollem Unterleibe unausbleiblich erfolgen und das Athmungsgeschäft in hohem Grade beeinträchtigen würde, eine Schranke zu setzen. Bei den Vögeln, wo das Zwerchfell fehlt, verhält es sich anders: hier war eine recht weit gehende Ausdehnung und Füllung der Lungen und ihrer sich über den Thorax hinaus erstreckenden Anhängsel gerade wünschenswerth, um das specifische Gewicht ihres Körpers zu vermindern; und dass die Bauchorgane nicht zu hoch sich erheben und die Lungen verdrängen könnten, dafür hat der Schöpfer, wie schon früher (S. 7.) bemerkt wurde, auch hier gesorgt. Ferner dient das Zwerchfell, um den serösen, die Brust- und Bauchorgane umhüllenden und in ihrer gegenseitigen Lage erhaltenden Membranen und Säcken als Anheftungspunkt zu dienen. Bei dem eigenthümlichen Knochenbau der Säugethiere und des Menschen würden die Bauchorgane zu einem Knäuel zusammenfallen, die Wölbung des Thorax verloren gehen und manche andere Missverhältnisse eintreten, wenn nicht jene Organe in einer bestimmten Lage und Ordnung aufgehangen wären. Das Zwerchfell trägt einen grossen Theil dieser Last. Herabgezogen wird es durch dieselbe aus demselben Grunde nicht, aus welchem die Guerike'schen Halbkugeln oder der Schenkelkopf und die Pfanne zusammenhängen. Dabei hält es auch den Druck der Brustorgane auf die Bauchorgane ab. Endlich ist das Zwerchfell geschaffen worden, um die aus vielen Gründen nothwendige Isolirung der Lungen und des Herzens von der Leber, dem Magen u. s. w. auf eine geeignete Weise zu bewirken. Diese Isolirung bezieht sich namentlich, wie schon Plato (s. oben) geahndet hat, auf die Verschiedenheit der specifischen Wärme und Elektricität der Brust- und Bauchorgane.

Soviel über die Organe der Inspiration. Der Vollständigkeit wegen sollte ich hier noch von den Muskeln sprechen, welche die Glottis behufs der Inspiration erweitern. Da wir jedoch den Kehlkopf für sich genauer betrachten müssen, verspare ich das hierher Gehörige auf die nächste Abtheilung, indem ich nur erwähne, dass der M. crico-arytaenoideus posticus das Geschäft der Erweiterung und des Offenhaltens der Glottis zu besorgen hat. Nicht unerwähnt wollen wir hierbei lassen, dass auch die Muskelfasern der Luftröhre sammt den elastischen Gebilden derselben während der Inspiration ausgedehnt werden, um sich bei der Exspiration wieder zu verkürzen.

Exspirationsmuskeln.

Vor allen Dingen muss ich hier vor einem Missverständniss warnen, das sich leicht an den Namen „Exspirationsmuskel“ knüpfen dürfte. Exspirationsmuskeln sind nämlich nicht Organe, welche die Exspiration bewirken, sondern welche nur während der Exspiration wirken. Der Exspirationsakt selbst ist an sich etwas rein Mechanisches, ohne alle aktive Beihülfe, ohne alle Nervenaktion Vorgehendes, was noch Statt findet, wenn mit der letzten Inspiration das letzte Lebenszeichen gegeben worden ist. Sobald die Inspirationsthätigkeit aufhört, fällt der Thorax ganz ebenso, wie ein todter Blasebalg, sobald der Luftzug desselben aufgehört hat, zusammen. Dass dabei sich mehrere Muskeln, die während der Inspirationsthätigkeit sich durch den Druck, den sie von den komprimirten Eingeweiden erlitten, ausgedehnt hatten, wieder bis auf ihren Indifferenzzustand kontrahiren müssen, ist eine zufällige Nothwendigkeit, zu der jedoch keine specielle Nervenaktion erforderlich ist, wie Versuche am Kadaver hinlänglich beweisen. Allein dieser an sich rein passive und den Lebensvorgängen nicht beizuzählende Exspirationsakt kann zu verschiedenen, wirklich vitalen Zwecken, verwendet werden und hierzu verschiedene Modifikationen erleiden, die jedoch alle darin übereinkommen, dass die inspirirte Luft am raschen, freiwilligen Ausströmen gehindert, komprimirt und in dieser Veränderung als Druck-, Stoss-, Stopfwerkzeug, namentlich als Schallbilder verwendet wird.

Die Organe, welche Alles dies leisten, sind verhältnissmässig wenige. Ausser dem schon erwähnten Zwerchfelle gehören hierher die Bauchmuskeln und einige an der hintern und seitlichen Thoraxwand sich inserirende Muskeln: also der M. rectus abdominis (Fig. 17. *D*), welcher das Brustbein herabzieht und die Bauchhöhle in senkrechter Richtung verengt; die Mm. obliqui abdominis (*AB*), welche in schiefen Richtungen die untern Rippen und somit den ganzen Brustkasten nach innen und unten ziehen, also die Dilatation des Thorax aufheben können; der M. transversus abdominis (*C*), welcher die Bauchhöhle in der Richtung der Horizontalebene verkleinert, und der M. quadratus lumborum (Fig. 20.), welcher die letzte Rippe abwärts zieht. Hinsichtlich der anatomischen Verhältnisse dieser Muskeln muss ich auf die beistehenden Figuren, so wie auf Theile's Beschreibung, die so ziemlich genau ist, verweisen, und welcher ich nur Folgendes hinzuzufügen habe.

Die beiden Musculi obliqui abdominis (Fig. 17. *A B*) müssen sowohl in anatomischer als in physiologischer Hinsicht jeder in eine vordere oder innere und in eine hintere oder äussere Abtheilung getheilt werden. Die hintere Abtheilung sowohl des äussern als des innern schiefen Bauchmuskels hat ihre Insertionspunkte am untern Rande der 3 letzten Rippen einerseits und am Hüftbeinkamme andrerseits; beide Muskeln haben hier so ziemlich parallelen Faserverlauf, decken also einander und haben demnach auch einerlei Wirkung, nämlich, was die Respirationsfunktion anlangt, Herab- und Einwärtsziehung der untersten Rippen, wenn sie vorher behufs der Inspiration gehoben und nach aussen gezogen waren, was hier ausser den entsprechenden Bündeln der äussern Interkostalmuskeln durch den Rippentheil des M. latissimus dorsi, der als Antagonist dieser Portionen der schiefen Bauchmuskeln zu betrachten ist, bewirkt wird. Soweit hat sowohl Fabricius

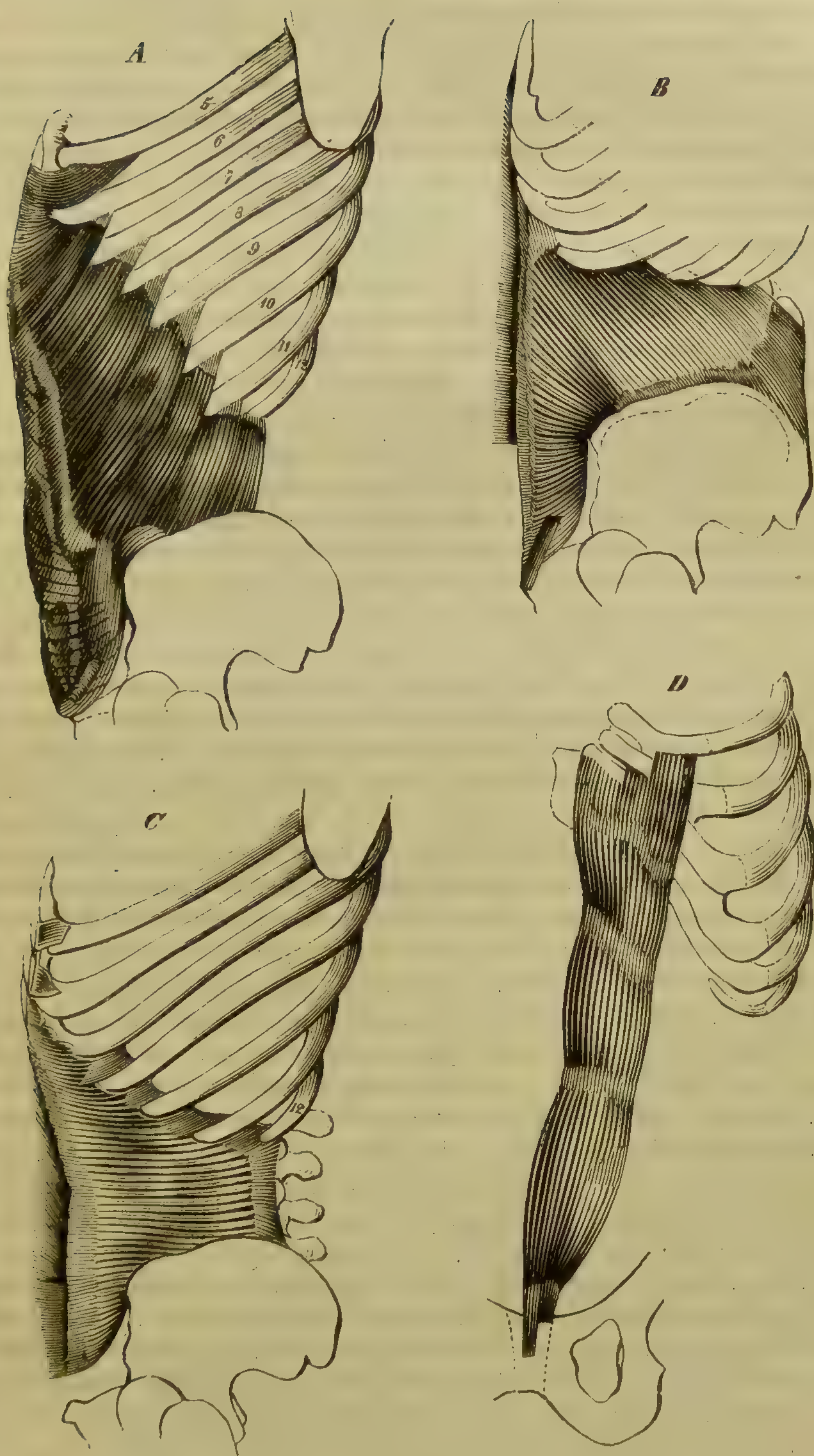


Fig. 17.

ab Aquapendente, als auch Theile Recht, wenn ersterer (l. c. Cap. 11) den M. oblique descendens (A) als Exspirationsmuskel betrachtet, und Letzterer sagt, die Wirkung beider schiefen Bauchmuskeln stimme mit einander überein. Die vorderen Abtheilungen beider Muskeln weichen dagegen in allen diesen Beziehungen von einander ab, und zwar um so mehr, je weiter ihre Fasern nach innen zu liegen. Gemeinschaftlich haben sie nur das, dass ihre Insertionspunkte im Allgemeinen dieselben sind, nämlich die Linea alba. Als Ursprung müssen aber für die vordere Abtheilung des äussern schiefen Bauchmuskels die mittlern Rippen, an deren vordern Flächen (nicht untern Rändern) sie befestigt sind, und für den innern schiefen Bauchmuskel das vordere Drittel des Darmbeinkammes und der Schenkelbogen betrachtet werden, von welchen Stellen aus die Fasern dieser Muskeln in mehr oder weniger schiefer Richtung, der erstere nach unten und innen, der andere nach oben und innen (divergirend) verlaufen, bis sie, der eine vor, der andere hinter dem M. rectus abdominis in oder in der Gegend der Linea alba sich endigen. Während die Fasern der hintern Abtheilung beider Muskeln parallel mit einander verlaufen, kreuzen sich die der vordern Abtheilung, und erzielen bei ihrer Kontraktion durchaus von einander abweichende Wirkungen, wie weiter unten genauer erläutert werden wird.

Hinsichtlich der Wirkungsart dieser Muskeln habe ich Folgendes zu bemerken. Die Bauchmuskeln wirken zwar in der Regel zusammen, aber nicht auf einmal in ihrem ganzen Umfange. Wir können in dieser Hinsicht die ganze muskulöse Bauchwand in drei Abtheilungen bringen, eine obere, eine mittlere und eine untere. Die obere ist das sogenannte Epigastrium; dessen Gestalt ist dreieckig: die Spitze dieses Dreiecks wird vom Processus ensiformis des Brustbeins gebildet und zum Theil ausgefüllt, die Seitenschenkel von den vordern Rippenrändern, und ihre Basis oder untere Grenzlinie wollen wir von der zehnten Rippe der einen Seite querüber zu derselben Rippe der andern Seite uns gezogen denken. Beim Krümmen des Rumpfes, z. B. beim Sitzen und Liegen, bildet sich in dieser Linie eine Falte, welche uns hier als ziemlich sichere und konstante Grenze dienen soll, und welche beim Manne etwa 2½ Zoll über dem Nabel liegt, und hauptsächlich vom untern Rand der Leber hervorgerufen zu werden scheint. Einen halben Zoll über dieser Falte bildet sich in der Mitte noch eine kleinere, seichtere Falte, und zwischen dieser und der sogenannten Herzgrube oder der Vertiefung zwischen Körper und Schwertfortsatz des Brustbeins entsteht bei der Kontraktion der Unterleibswandungen eine quere Vertiefung. Beim Ausathmen bildet sich ferner oft von der Herzgrube aus bis zur Mitte der untern Grenzlinie eine rinnenförmige Vertiefung, die wir die epigastrische Längenfurche nennen wollen.

Die mittlere oder die gefaltete Abtheilung der Unterleibswand ist eigentlich nur ein lanzettförmiger Streif, dessen obere Grenze in jene von den untersten Rippenknorpeln der einen Seite zur andern sich erstreckende Falte fällt, während die untere Grenzlinie derselben beiderseits ebenfalls an den untersten Rippen beginnend in der Mitte durch den Nabel geht. Sie begreift demnach die 3 oder 4 Falten, die beim Krümmen des Unterleibs entstehen, und bildet die Grenze zwischen der obern und untern Abtheilung. Wie es scheint, bildet die zweite und dritte Inscriptio tendinea des M. rectus abdominis in der Mitte die obere und untere Grenzstelle dieser Abtheilung.

Die untere Abtheilung gehört dem eigentlichen Unterleibe an, und er-

streckt sich vom Nabel und den untersten Rippen bis zur Schamfuge und der Crista Ilei. Auf ihr bilden sich in der Regel keine Falten.

Ausserdem kann man auch zu gewissen Betrachtungen die Unterleibswand in fünf longitudinale Abtheilungen bringen, in eine mittlere oder in die Vorderwand, die vom Sternum oder der Regio epigastrica an bis zu den Horizontalästen der Schambeine sich erstreckt, in die beiden Seitenwände, welche oben bis zum untern Rand der 10. Rippe, unten bis etwas über die Spina ilei ant. sup. hinaus gehen, und in die hintern Abtheilungen, welche zwischen den letzten Rippen und dem Hüftbeinkamme liegen.

Keine dieser Abtheilungen kann sich ganz isolirt von den andern kontrahiren, jede derselben aber vorzugsweise oder stärker als die andern. So kann die obere Abtheilung, abgesehen von der Koangustation der Brusthöhle, nie ohne die mittlere (M. transversus abdominis) kontrahirt werden. Beim Husten zieht sich verhältnissmässig mehr die untere Abtheilung zusammen, als die mittlere und untere; bei Ausleerungen nach unten alle drei ziemlich gleichförmig, am meisten wohl die untere; beim Brechen mehr die obere. Bei anhaltenden, gedehnten exspiratorischen Leistungen wird oft die Vorderwand straff gezogen, die Seitenwände abgeflacht oder eingezogen. Bei raschen Exspirationsstössen ohne Glottisverengerung wird die Linea alba oberen Theils (als epigastrische Furche), sowie eine kleine Stelle an beiden Hypochondrien einwärts gezogen, offenbar aber durch blosse Adspiration in Folge eines raschen Emportreten des Zwerchfells. Bei stärkern Stössen zieht sich aber der obere und mittlere Theil der Bauchwand sichtlich zusammen, wogegen sich das Hypogastrium etwas vortreibt. Wird eine schon begonnene Exspiration plötzlich verstärkt, so zieht sich die obere und mittlere Abtheilung kräftig zusammen, mit einiger Abflachung des Hypogastriums.

Diese und viele andere Modifikationen der Kontraktion der Bauchwandungen werden dadurch möglich, dass die ziehenden Kräfte, welche in denselben wirksam sind, in folgenden Richtungen zu einander stehen:

a b c d stellt die Endpunkte der Bauchwandung vor, *a b* entspricht dem M. rectus abdominis, *c d*, *e g* u. *h f* dem transversus, *e o* u. *g o* der vordern Abtheilung des oblique descendens, und *h o* u. *f o* der vordern Abtheilung des oblique adscendens beiderseits. Demnach kreuzen sich Rectus abdominis mit dem Transversus und Oblique descendens mit dem Oblique adscendens. Die gemeinschaftliche Wirkung aller dieser Kräfte, wenn sie gleichmässig wirken, muss Abplattung des zuvor gewölbten Unterleibs sein, wenn wir die Peripherie desselben als fixirt annehmen. Die Kräfte *e o* und *g o* für sich, oder wenn sie vorzugsweise wirken, müssen den Inhalt des Unterleibs mehr nach oben, die Kräfte *h o* und *f o* dagegen denselben mehr nach unten drücken; demnach

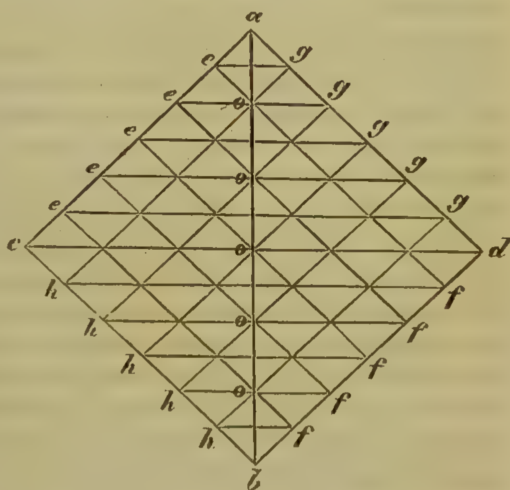


Fig. 18.

wird der M. oblique descendens besonders beim Singen, Brechen u. s. w., der M. oblique adscendens beim Stuhlgang und ähnlichen Vorgängen thätig sein. Am wenigsten kann verhältnissmässig der Rectus abdominis wirken, weil er schmal ist; am meisten der über die ganze Unterleibsfläche ausgebreitete Transversus. Ihre Wirkung ist auch bei weitem einfacher, als die der beiden Obliqui. Da der Unterleib bei der Beweglichkeit der Lendenwirbel oft gekrümmt wird, so darf der Rectus nicht nur in seiner ganzen Länge wirken, sonst würde er stets die vordere Abtheilung der Bauchwand in eine gerade Fläche verwandeln, sondern er muss auch stückweise oder gebrochen sich kontrahiren können. Zu diesem Zwecke besitzt er die sehnigen Querstreifen (Inscriptiones tendineae), die auch deshalb nöthig wurden, weil der Rectus durch die seitwärts an seine Scheide tretenden Fasern des Transversus einwärts gezogen wird, wie denn überhaupt dieser Muskel die Mittellinie des Unterleibs einwärts ziehen muss, besonders in der Nabelgegend, weil in der Zone, welche den Nabel schneidet, die Fasern des Transversus am längsten sind. Nach Beau und Maissiat sind die Recti nur Beuger des Thorax nach dem Becken zu, keine wesentlichen Exspirationsmuskeln; das Zusammenziehen und Hartwerden desselben bei angestrengter Exspiration rührt nach denselben vom Zuge der andern Bauchmuskeln an der Linea alba her. Das ist jedoch nicht richtig: eine aktive Kontraction der einzelnen Partieen dieses Muskels muss stattfinden, sobald dieselben verkürzt werden. Der Mechanismus, nach dem der Transversus wirkt, ist sehr einfach. Durch Verkürzung seiner Fasern werden die Seitenwände des Unterleibs abgeplattet und die Mittelwand der Wirbelsäule genähert. Seine Fasern können alle gleichzeitig sich zusammenziehen, oder es kann nur eine Abtheilung derselben vorzugsweise in Thätigkeit sein. Immer wirken dann aber beide Seiten gleichzeitig, so dass stets eine ganze Zone des Unterleibs, nicht nur eine Hälfte derselben, kontrahirt wird. Die obern von den Rippen entspringenden Fasern können natürlich nur dann kräftig sich kontrahiren, wenn die Rippen fixirt sind: sie sind daher Antagonisten des Serratus posticus inferior und der übrigen Fixatoren.

Der Oblique descendens bildet gleichsam, sowohl anatomisch als physiologisch, die Fortsetzung der Mm. intercostales externi, der dahinter liegende Adscendens die Fortsetzung der Intercostales interni, mit denen er sogar zum Theil unmittelbar zusammenhängt. Die Fasern beider Muskeln kreuzen sich also ziemlich ebenso, wie die der Intercostales externi mit denen der interni. Bei Thieren, wo die Rippen über den ganzen Rumpf weggehen, wo die letzte Rippe fast bis zum Schambein reicht, treten die untersten Intercostales geradezu an die Stelle der Obliqui abdominis. Demgemäss ist die Wirkung der beiden Obliqui abdominis aufzufassen. Theile macht keinen Unterschied in der Funktion derselben, was aber offenbar unrichtig ist und den einfachsten physikalen Gesetzen widerspricht. Betrachtet man zunächst die beiden Mm. obliqui externi (descendentes) in ihrem Zusammenhange, so findet man, dass ihre Fasern in der Mittellinie sich unter einem Winkel vereinigen, wenigstens auf diese Art vereinigt gedacht werden müssen, wenn man die Endwirkung dieses Muskelpaars begreifen will. Diese ist nun offenbar, wenn wir die Rippen, wo diese Muskeln entspringen, als fixirt annehmen, keine andere, als ein Heben oder Aufwärtsschieben der Insertionsstellen, ebenso wie eine an zwei Stricken hängende Last (Fig. 19.) gehoben wird, wenn man die Stricke verkürzt. Am Unterleibe geht dieses „Heben"

zufolge der besondern Anordnung dieser Muskeln mehr nach ein- als nach aufwärts, und gestaltet sich als ein Abplatten der Konvexität des Bauches, besonders des Hypogastriums, an welchem sich die längsten Fasern des Obliqu. externus ansetzen. Auf diese Art müssen durch die Kontraktion der beiden Mm. obliqui externi die Gedärme, besonders die zu unterst liegenden, nach ein- und aufwärts, also gegen das Zwerchfell gedrängt werden. Auf diese Art ist es auch möglich, dass bei fixirten Rippen doch expirirt werden kann, zwar langsam, aber mit Nachdruck; denn die Luft der Lungen wird hierbei durch die ganze Masse der Unterleibseingeweide komprimirt. Bei seichtem Athmen mit grosser Thoraxhebung und unthätigem Zwerchfell (s. oben) tritt der sonderbare Fall ein, dass der M. oblique descendens zum Inspirationsmuskel wird; denn er muss hier den in der Unterleibshöhle durch die Erweiterung der Basis des Thorax einzutreten drohenden leeren Raum durch seine Kontraktion verhüten. Sind dagegen die Rippen mobil, nachdem die Inspiration vollendet ist, so werden sie von den Muskelfasern dieses Muskels in der Richtung von oben und aussen nach unten und innen gezogen: die sehnige Partie des Muskels wird zum Ursprung, die fleischige Befestigung an den Rippen zum Ansatz, und so wird die Exspirationslage des Thorax wieder hergestellt. Anders verhält es sich mit der Wirkung des M. obliquus internus. Diese besteht, wenn sie auf beiden Seiten gleichmässig stattfindet, darin, dass die Contenta des Unterleibs mehr nach unten gedrückt werden. Denn die Fasern dieses Muskels laufen in einer der Fasern des Obliquus externus so ziemlich entgegengesetzten Richtung. Er plattet die Wölbung des obern Theils des Unterleibes ab, während er die des untern, wenn auch nicht vermehrt, doch mehr koncentrirt, und so bei den Exkretionsakten, dem Stuhlgang, dem Gebären u. s. w. vorzugsweise seine Thätigkeit entfaltet, welche mit der des Zwerchfells Hand in Hand geht. Bei den Exspirationsphänomenen ist er verhältnissmässig weniger wirksam. Wirken dagegen beide Obliqui beider Seiten, also alle vier, gleichmässig und gleichzeitig, so verhält sich diese Wirkung wie die eines Netzes mit schief laufenden Maschen, die in der Mitte in einen Strang zusammenstossen, und dessen Fäden gleichzeitig gleichmässig angezogen werden. Die Gesammtwirkung muss also auf fast allen Stellen des Unterleibs, vorzugsweise auf den Seiten, in einer Verengerung der Bauchhöhle von vorn nach hinten bestehen, als Resultat von 4 Bewegungsrichtungen. Nur in dieser Hinsicht hat Theile recht, wenn er sagt, dass die Wirkung des Obliquus externus mit der des Internus übereinstimme. Da übrigens der Obliquus externus seiner Wirkungsrichtung zufolge vorzugsweise zum Druck nach oben, der Internus vorzugsweise zum niederwärtsgehenden Drucke dient, so wird die Wirkung des Erstern durch die untere, die des Letztern durch die obere Hälfte des M. transversus abdominis wesentlich unterstützt werden müssen, sowie denn auch der M. rectus abdominis dazu bestimmt ist, die Wölbung der sehnigen Partieen der genannten Muskeln, namentlich die longitudinale, aufzuheben und so die divergirenden Fasern jener Muskeln einander mehr zu nähern.


Fig. 19.

Bei der gewöhnlichen, ruhigen Exspiration, wo das Sternum und die

Rippen spontan in ihre Indifferenzlage zurückkehren, müssen natürlich auch die während der Inspiration ausgedehnten Abdominalmuskeln vermöge ihrer Retraktilität wieder in ihren vorigen myotonischen Zustand zurückkehren, ohne dass wir sagen dürfen, das Sternum werde durch den M. rectus abdominis und die Rippen durch die kombinirte Aktion der Mm. obliqui und des oberen Theils des Transversus abdominis herab und einwärts gezogen.

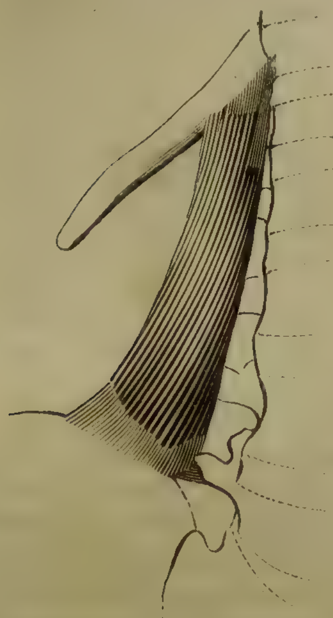


Fig. 20.

Ausser diesen Bauchmuskeln wird die Exspiration, als animaler Lebensakt, noch durch folgende Muskeln unterstützt:

M. quadratus lumborum (Fig. 20.) Dieser Muskel vermag mit seiner ganzen innern Portion und einigen Fasern der äussern Portion die letzte, zuweilen auch die vorletzte Rippe herabzuziehen und so die exspirativen Aktionen etwas zu unterstützen. Nach Theile unterstützt er aber auch die Inspiration, wenn sie tief ist, indem seine Thätigkeit sich mit der der hintern untern Sägemuskeln (Serrati), welche die vier untersten Rippen nach hinten und unten ziehen, verbindet, so dass dadurch diese untern Rippen fixirt und so die wirksame Kontraktion des Zwerchfells begünstigt wird: ein Vorgang übrigens, der auch bei exspirativen Leistungen seine Verwendung findet.

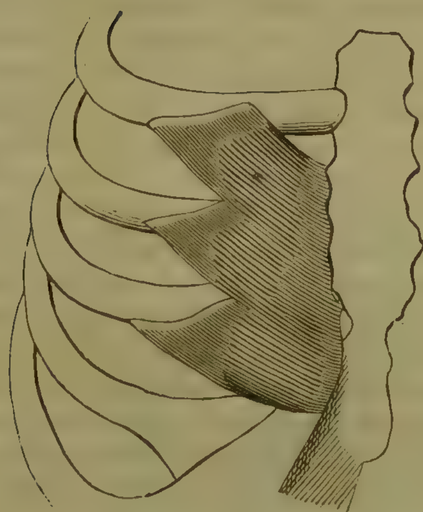


Fig. 21.

M. triangularis sterni (Fig. 21.), von der innern Fläche des 5. bis 2. Rippenknorpels bis zum Rand der untern Hälfte des Brustbeins gehend, nach unten sich verschmälernd, verkürzt den Zwischenraum zwischen den vordern Enden der wahren Rippen und dem Brustbeinrande, indem er die Rippenknorpel ab- und einwärts drängt. Er ist daher Antagonist der Zwischenrippenmuskeln und setzt die Wirkung des Transversus abdominis nach oben fort.

M. longissimus dorsi gehört wegen seiner äussern, an den untern Rand der hintern Rippenportionen sich anheftenden sehnigen Fascikel hierher, welche einen Zug nach unten ausüben können und somit einigermaassen die Antagonisten der Rippenheber darstellen. Sie sind aber nur für animale Zwecke thätig.

Der gleich neben ihm nach aussen liegende M. ilio-costalis (Fig. 22.) schickt gleichfalls sehnige Fascikel an den untern Rand der Rippenwinkel, welche also die Rippen nach unten ziehen und fixiren können, wenn es nöthig ist. Die vom obern Rand der Rippen zum Bauche dieses Muskels aufsteigenden Fascikel dagegen sind bei der Inspiration thätig und werden vom Cervicalis descendens aus regirt.

Auch diese und mehrere andere Muskeln müssen sich während der un-

willkührlichen Exspiration etwas retrahiren, um wieder ins myotonische Gleichgewicht zu kommen.

Exspirationsphänomene.

Nachdem wir die Organe, welche während der Exspiration zu vitalen Zwecken wirksam sind, kennen gelernt haben, wollen wir diese Exspirationsphänomene selbst etwas näher ins Auge fassen. Es sind hier im Allgemeinen drei Fälle möglich, einfaches, durch keine besondere Muskelaktion sollicitirtes Austreten der inspirirten Luft, Beschleunigung der Exspiration, und Verlangsamung derselben. Soll rascher exspirirt werden, als für gewöhnlich nöthig ist, so werden die genannten Exspirationsmuskeln sich allerdings, um dieser Aufforderung Folge zu leisten, aktiv zusammenziehen müssen, und zwar, ohne dass die Inspirationsmuskeln ihnen hemmend in den Weg treten, ohne dass diese irgend wie mit ihrer Relaxation zögern. Der Luftstrom erhält hier ganz einfach durch raschere, kräftigere Kontraction der Bauchmuskeln und übrigen Hülfsorgane einen beschleunigenden Stoss. Die Stimmritze wird dabei nicht verengt. Der Husten giebt ein Beispiel einer solchen Exspirationsbeschleunigung. Soll dagegen langsamer exspirirt werden, so ist vor allen Dingen nöthig, dass die Glottis, der Ausgang der Brusthöhle, verengt wird, was, wie wir später noch genauer betrachten werden, durch die Mm. crico-arytaenoidei laterales, thyreo-arytaenoidei und durch den M. ary-arytaenoideus geschieht. Haben sich diese Muskeln kontrahirt, und so die Stimmritze bis auf ein gewisses Minus oder Minimum verengt, so muss die aktive, selbstständige Kontraktion der Exspirationsmuskeln dazu treten, um die in den Lungen enthaltene Luft in einer das Leben nicht gefährdenden Frist herauszutreiben. Die Inspirationsmuskeln werden unter diesen Umständen von der eingesaugten Luft, die nicht schnell genug entweichen kann, angespannt erhalten, sie können sich nicht ohne Hinderniss relaxiren, sondern sind in dieser Hinsicht durchaus den Schliessmuskeln der Glottis untergeordnet. Das Athmungsorgan verhält sich hier wie ein Blasebalg mit etwas weitem Windrohr, der, wenn er aufgezogen worden ist, ohne weiteres Zuthun, durch das blosse spontane Zusammenfallen seiner Wände in kurzer Zeit die adspirirte Luft ausströmen lässt, dagegen einer aktiven Kompression hierzu (d. h. zu der in gleicher Zeit erfolgen sollenden Luftaustreibung) bedarf, wenn man nach geschehenem Aufzuge die Rohrmündung bis auf ein Minimum zuhält. Diese bei verengter Glottis in der Regel nothwendige Kompression der Lungen wird durch die Exspirationsmuskeln zu Stande gebracht: das blosse Zusammenfallen des Thorax kann die Spannung der Luftsäule und



Fig. 22.

die Ausflussgeschwindigkeit derselben nicht verändern. Je mehr die Glottis verengt wird, desto stärker muss caeteris paribus der zu gebende Druck sein; je weiter sie geöffnet ist, desto schwächer der Druck der zu exspirirenden Luft. Bei vollkommen geöffneter Glottis ist daher von Seiten der Exspirationsmuskeln gar kein anderer Druck erforderlich, als der rein mechanisch durch das Zusammenfallen der Thoraxwände auf die Lungen ausgeübte; bei verengter Glottis müssen sich dagegen die Exspirationsmuskeln mehr oder weniger anstrengen. Es kommt hier zunächst darauf an, in welcher Zeit die inspirirte Luft und in welcher Quantität sie während eines bestimmten Zeitmoments ausströmen soll. Ist keine bestimmte Zeit vorgeschrieben, kann sich also die Luft zum Ausströmen beliebig Zeit nehmen, so ist keine sonderliche Mitwirkung seiten der Exspirationsmuskeln nöthig; soll aber bei enger Ausflussmündung die Luft rasch (mit grösserer Strömungsgeschwindigkeit) expirirt werden, so ist ein um so stärkerer Druck oder eine um so stärkere Kontraktion der Exspirationsmuskeln nöthig, je enger jene Oeffnung und je kürzer die dazu bestimmte Zeit ist. Während dieses Vorgangs kann sich die Glottis willkührlich mehr oder weniger verengen, und auf der andern Seite der Luftdruck mittels der Exspirationsmuskeln beliebig und zu bestimmten Zwecken gesteigert oder geschwächt werden: es sind daher unzählige Modifikationen der Exspiration möglich.

Im Allgemeinen wird die Luft in den Lungen bei der Inspiration verhältnissmässig verdünnt, bei der Exspiration verdichtet. Die inspiratorische Verdünnung der Luft in den Luftwegen hängt davon ab, dass die Erweiterung des Thorax schneller erfolgt, als ein entsprechendes Luftvolum nachfolgen kann, also von der Schnelligkeit der Muskelkontraktion, vom Umfange der Thoraxerweiterung, von der Weite der Einströmungsöffnung, und vielleicht auch von der Druckhöhe der Atmosphäre selbst. In der Regel wird durch die Inspirationsbewegungen kein hoher Grad von Luftverdünnung in den Lungen erzeugt, selbst beim Keuchen und angstvollem Athemholen, da allemal, wenn die Expansion des Thorax die Norm übersteigt, das Zwerchfell in entsprechendem Grade an Thätigkeit nachlässt. Nach Goodwyn (Zusammenhang des Lebens mit dem Athmen, S. 24 ff.) expandirt sich die inspirirte Luft in den Lungen um $^1/_6$ oder $^1/_7$ ihres Volumens. Die Kompression der Lungenluft bei der Exspiration hängt davon ab, dass die Brustwände und elastischen Luftwege schneller in sich zusammensinken, als das dieser Minderung entsprechende Luftvolumen austreten kann, also von der Schnelligkeit der kontraktiven Verkleinerung des Thorax; ferner vom Umfange der Verminderung des Rauminhalts der Lungen, und von der Weite der Ausströmungsmündung. Bei der gewöhnlichen Respiration ist während der Exspiration der Druck, den die Luftsäule erleidet, gleichfalls wenig bedeutend, es sind demnach die Schwankungen im Drucke des Lungenluftgehalts bei der Inspiration und Exspiration, sowie auch die Differenz zwischen ihm und dem der äussern Atmosphäre beim gewöhnlichen physiologischen Verhalten der Luftwege nur gering. Auch würde eine bedeutende Verdünnung oder Verdichtung der Pulmonalluft nur nachtheilig sein, indem im erstern Falle Hyperämie, im andern Anämie der Lungen eintreten würde. Aus diesem Grunde findet auch ein rhythmisches Kompensationsverhältniss statt, wenn das eine oder das andere Respirationsstadium seiner Zeitdauer nach von der Norm abweicht. Nach einer langausgehaltenen Exspiration wird sehr schnell inspirirt, um die blutarm gewor-

denen Gefässe wieder mit Blut zu füllen; dagegen sind vor einem Hustenanfall (besonders beim Keuchhusten) die Inspirationen tief und in die Länge gezogen, um Anämie der Lungen zu verhüten. Ebenso beim Niesen. Vor dem Gähnen und Seufzen wird tief und rasch inspirirt, weil die darauf folgende Exspiration sich in die Länge ziehen soll. — Nur wenn die Glottis sich verengt, kann der Druck, den die Exspirationsbewegungen auf die Lungenluft ausüben, merklich zunehmen. Bleibt dagegen die Stimmritze weit offen, so vermag auch eine Beschleunigung des Exspirationsprocesses, wie sie z. B. beim Husten stattfindet, keine namhafte Kompression der Lungen zu bewirken. Von den verschiedenen Weisen und Zwecken, auf und zu welchen die Kompression der exspirirt werdenden Luft vor sich geht, sprechen wir in einem spätern Abschnitt. Während also Verengung der Glottis bei der Exspiration Verdichtung der Luft bewirkt, so folgt daraus nicht, dass, wie Krahmer*) behauptet, eine solche Verengung, wenn sie während der Inspiration stattfindet, Verdünnung der Luft zur Folge hat. Die Inspiration ist lediglich ein vitaler, d. h. ein zur Erhaltung des Lebens dienender Vorgang: wird oder ist (in Folge von Krankheit) dabei die Glottis verengt, so werden die Exspirationsbewegungen sich diesem Zustande akkommodiren und nicht mehr Luft auf einmal in den Thorax einlassen, als er fassen kann. Die einfache Beobachtung eines an Croup, Glottisödem u. dgl. Leidenden, oder noch besser und leichter zu beschaffen, eines Menschen, der während der Inspiration einen Ton auf seiner Glottis erzeugt, also dieselbe bedeutend verengt (dies Experiment hätte Krahmer allenfalls selbst anstellen können), lehrt, dass die Inspiration sich um so mehr in die Länge zieht, als die Glottis dabei verengt ist, jedoch nicht nothwendig in gleichem Grade — sonst würde das Athmungsgeschäft zu sehr verlangsamt — sondern es findet, um Letzteres zu verhüten, eine Stromschnelle in der Glottis statt, wobei die Luft komprimirt wird, um nach Eintritt in die Trachea sich wieder zu expandiren. Die Beschwerlichkeit des Athemholens in diesem Falle rührt davon her, dass die Inspirationsmuskeln sich stärker zusammenziehen müssen, um eine gleichgrosse Menge Luft in derselben Zeit durch eine enge Oeffnung zu zwingen, als durch eine weite. Eine über die Norm hinausgehende Verdünnung der Luft in den Lungen kann dabei nicht eintreten, da die Luft schnell genug dem Adspirationszuge folgen kann. Anders verhält es sich, wenn ein Bronchialast vollständig an irgend einer Stelle verstopft ist, so dass der Luft der Eintritt in die unterhalb liegende Lungenpartie völlig abgeschnitten ist. Hier kann wenigstens die Luft nicht entweichen. Gleichwohl ist es unmöglich, dass ein solches vom Respirationsstrome abgeschnittenes Lungenstück eine andere Spannung annimmt, als die übrige Pulmonalluft: wird bei der Inspiration die Letztere dünner, so expandirt sich auch jenes Stück, sobald der Druck auf dasselbe sich mindert, und umgekehrt wird ihm bei der Exspiration der Druck mitgetheilt werden, den die übrige Lunge erleidet.

Je nach der Art und Weise, wie die Inspirationsbewegungen vollzogen wurden, wird nun auch der Exspirationsakt, abgesehen vorläufig von den speciellen Zwecken, die er verfolgt, verschieden ausfallen müssen. Nach der von uns gegebenen Darstellung ist zwar für gewöhnlich die inspiratori-

*) Haeser's Archiv IX, 3. 1847.

sche Ausdehnung des Thorax bei gesunden Lungen eine ziemlich gleichförmige, indessen giebt es, namentlich in Frankreich, Aerzte, die damit nicht einverstanden sind, und die aus Dingen, die wir eigentlich bloss für zufällige Modifikationen, oder gar für Abnormitäten halten müssen, normale oder allgemein gültige Typen zu machen geneigt sind. Da nun besonders in neuester Zeit von einigen systematisirenden Gesanglehrern Frankreichs ein grosses Geschrei über die beste Art und Weise, nach welcher die Gesangschüler inspiriren lernen sollen, erhoben worden ist, wollen wir hier, an das anknüpfend, was wir bereits früher nach Beau und Maissiat über die verschiedenen „Respirationstypen“ mittheilten, die neueste, von Mandl *) gegebene Ansicht über diesen Gegenstand unserer eigenen Betrachtung vorausschicken und einer kurzen Prüfung unterwerfen.

Nach Beau's und M.'s Vorgange behauptet Mandl, die Erweiterung des Thorax behufs der Inspiration könne entweder an der Basis desselben, oder an der Spitze, oder an den Seiten des Thorax vor sich gehen, die Respiration werde hiernach entweder eine diaphragmatische oder abdominale, oder eine klavikuläre, oder eine laterale. Bei der erstern bleiben Thorax und Schultern fast unbewegt, das Zwerchfell dagegen senkt sich und die Bauchwandung treibt sich auf. Bei der zweiten heben sich die obersten Rippen- nebst Schlüssel- und Brustbein, die erste Rippe am meisten, die tiefern allmälig weniger. Ausserdem werden dabei die Schultern, die Wirbel und bei den tiefsten Inspirationen auch der Kopf (letzterer rückwärts) bewegt. Die Bauchwand wird dabei platt und eingezogen. Bei der dritten werden die untern Rippen von den mittlern und von der untern Sternalportion ab- und seitwärts gezogen, während die obern Rippen und das Schlüsselbein und Sternum unbewegt bleiben. Bei der abdominalen Respiration wächst demnach der Längendurchmesser der Brust nach unten, bei der klavikulären nach oben, bei der lateralen wächst nur der Breitendurchmesser. Diese drei verschiedenen Typen können sich nicht sowohl kombiniren, sie können weniger gleichzeitig vorhanden sein, als vielmehr auf einander in einer und derselben Respiration folgen. So geht jede tiefe abdominale Inspiration in die laterale über, und jede tiefe laterale in die klavikuläre. Je nachdem er es gewohnt ist, beginnt der Sänger demnach die Inspiration mit Senkung des Zwerchfells und beendigt sie mit seitlicher Erweiterung des Thorax, oder letztere Bewegung macht den Anfang und die Hebung der Clavicula das Ende der Inspiration. Selten geht eine abdominelle Inspiration (sofort) in die klavikuläre über. Bei einer sehr tiefen Inspiration kann sich die Brust nicht nach allen 3 Typen gleichzeitig erweitern, weil die Bauchrespiration die komplete Senkung des Zwerchfells erfordert, die klavikuläre nicht. Doch kann der eine Typus auf den andern folgen. Man kann mit dem Zwerchfell anfangen nnd mit den obern Partien aufhören. Auch die Stellung des Kehlkopfs gestattet nicht die Koëxistenz der beiden Typen. Bei den Weibern ist nicht der klavikuläre, sondern der laterale Typus (in Folge des Gebrauchs der Schnürbrüste) gewöhnlich, weil letztere die Bauchwandung komprimiren und so die Kontraktion des Zwerchfells behindern. Beim Abdominalathmen bleibt der Kehlkopf vollkommen unbeweglich, sowohl bei der Inals bei der Exspiration. Beim klavikulären Typus dagegen senkt er sich während der Inspiration, hebt sich bei der Exspiration. Dieses die Inspi-

*) Gazette médicale de Paris 1855. No. 16. 18. 19.

ation begleitende Herabziehen des Kehlkopfs ist eine den übrigen Hebemuskeln der obern Rippen und des Brustbeins (welche von denselben Nervenzweigen erregt werden) koordinirte Bewegung, dadurch erzeugt, dass die obern Insertionspunkte der betreffenden Muskeln mobil sind. Der Kehlkopf muss sich senken, wenn die Mm. sterno-thyreoidei und -hyoidei sich zusammenziehen, um die erste Rippe und das Sternum zu heben. Bei der Abdominalrespiration wird Letzteres nicht beabsichtigt, folglich bleibt auch der Kehlkopf an seiner Stelle. Die Stimmritze wird nicht nur durch den M. cricothyreoid. verlängert und durch die Mm. cricoarytaenoideus lateralis und Arytaenoideus verengt, sondern sie kann auch durch die äussern Muskeln allein erweitert und verengt werden: so wird sie z. B. beim Senken des Kehlkopfs durch Dilatation der Schildknorpelplatten erweitert. Bei der Abdominalrespiration bleibt die Glottis in- et exspirando fast unbewegt, bei der klavikulären wird sie durch Senkung des Kehlkopfs erweitert, durch Hebung (exspirando) verengt. Nach Bernard's und Longet's Versuchen stört Durchschneidung der obern Kehlkopfnerven die Respiration nicht, und ist die rhythmische Verengung der Glottis zu den Athmungsbewegungen nicht erforderlich. — Was nun die Exspiration anlangt, so lässt für die gewöhnliche, ruhige Respiration die Aktion der während der Inspiration kontrahirten Muskeln einfach nach: soll dagegen die Luft zu gewissen, namentlich phonischen Zwecken in den Lungen zurückgehalten, soll also die Exspiration verlängert werden, da müssten neben der hierzu zunächst erforderlichen Verengung der Glottis jene Inspirationsmuskeln auf einem gewissen Grade ihrer kontractiven Thätigkeit verharren, während gleichzeitig die Expirationsmuskeln in Kraft treten, um unter diesen Hindernissen die Luft aus den Lungen herauszutreiben. Es entsteht auf diese Art ein Kampf zwischen beiden Muskelgruppen, den M. Stimmkampf (lutte vocale) nennt. Dieser Konflikt zwischen den Inspiratoren und Exspiratoren betrifft nicht nur die Muskeln des Kehlkopfs, sondern auch die des Unterleibs und des Thorax. Die Kontraction eines Muskels erfordert den Aufwand eines gewissen Kraftbetrags, der im Verhältniss zu seiner Masse steht: je mehr Muskel, desto mehr Masse, desto höher auch die zu deren Bewegung erforderliche Kraft; und die nachfolgende Ermüdung steht gleichfalls in Verhältniss zur Muskelmasse. Auf der andern Seite steht der Kraftaufwand in geradem Verhältniss zu dem entgegengesetzten Widerstand. Je zahlreicher und einflussreicher die Hindernisse, desto beträchtlicher die zu deren Ueberwindung erforderliche Muskelkraft, um so heftiger der Kampf und die Ermüdung. Bei der Abdominalinspiration operirt nur ein einziger Muskel, das Zwerchfell, dessen Kontraktion den vertikalen Durchmesser des Thorax vergrössert; die dazu erforderlichen Kräfte sind gering, da es sich hier nur um Verschiebung weicher, beweglicher Organe handelt; ebenso gering ist die nachfolgende Ermüdung. Bei der klavikulären Respiration dagegen werden mittels sehr zahlreicher Muskeln die obern Rippen, das Schlüsselbein, Schulterblatt, die Wirbel und zuweilen selbst der Schädel in Bewegung gesetzt, was einen grossen Kraftaufwand erfordert, zumal wenn die Exspiration verlängert werden soll. Die Ermüdung ist demnach hier bedeutend und tritt bald ein. Weniger gross ist die Muskelthätigkeit beim lateralen Typus, obwohl immer noch grösser, als beim abdominalen.

Wir brechen hier die Mandl'sche Abhandlung, welche sich noch weiter auf die für die gedachten 3 Typen kooperirenden Kehlkopfstellungen u. s. w.

zunächst in der Absicht verbreitet, um den für den Gesang geeignetsten und am wenigsten ermüdenden Respirationsmodus ausfindig zu machen, ab, um vor der Hand die Richtigkeit der von ihm gegebenen Darstellung der Respirationstypen zu untersuchen.

Zuvörderst ist es ein Irrthum, wenn Mandl behauptet, bei einer tiefen Inspiration könne der Thorax nicht nach allen drei Richtungen ausgedehnt werden. Im Gegentheil behaupte ich, und glaube es im Früheren bereits nachgewiesen zu haben, dass man gar nicht anders tief inspiriren kann, als auf die eben erwähnte Weise. Soll das Zwerchfell kräftig fungiren, so muss die Basis des Thorax dilatirt sein, soll die ganze Lunge sich gleichmässig ausdehnen (und warum soll sie es nicht?) so müssen alle Rippen ohne Ausnahme sammt dem Brustbein auf die von uns früher umständlich demonstrirte Weise gehoben und beziehendlich dilatirt werden. Ferner ist M. im Irrthum, wenn er behauptet, bei der Respiratio abdominalis sei das Zwerchfell und sonst kein Muskel thätig. Soll das Zwerchfell nicht bloss die unkomprimirte Luft durch die weit geöffnete Glottis aufwärts schieben, sondern auch beim Gesang, und zwar nicht nur für schwache, sondern auch für starke Tonphänomene wirksam sein, da müssen die Ursprungsstellen dieses Muskelapparats, also die Rippen, in gehörigem Grade fixirt sein, wozu auch einige, und zwar oft gar nicht unbedeutende Muskelaktion erforderlich ist. Das einzige, worin wir M. Recht geben müssen, was derselbe aber durchaus nicht klar erkannt zu haben scheint, ist, dass bei der Exspiration diejenigen Muskelanstrengungen, als für die phonische Wirkung zwecklos oder überflüssig, vermieden werden müssen, welche für die Vermehrung der zu erzielenden Klangwirkung unmittelbar nichts beitragen, ja selbst nicht eineinmal den zu verwendenden Luftvorrath vermehren. Hierher gehören allerdings die gewaltsameren Anstrengungen der Hebemuskeln des Brustbeins und der obern Rippen, sofern dieselben nicht gleichzeitig mit einer angemessenen Kontraktion des Zwerchfells begleitet sind, also das nur scheinbar tiefe Athmen, das Aufziehen des Thorax ohne entsprechendes Einströmen von Luft. Alle andere direkt den Thoraxraum vergrössernden Muskelaktionen dagegen sind in keinem Falle für die tönende Exspiration überflüssig, sofern nur die inspirirte Luft in gehöriger Weise, ohne Vergeudung, in tönende Schwingungen verarbeitet wird. Ueber das Verhältniss der Kehlkopfstellung zu den verschiedenen Typen (richtiger „Graden") der Inspiration hat M. gleichfalls irrige Ansichten: doch müssen wir den Beweis dafür auf einen spätern Abschnitt dieser Schrift versparen. Vorläufig erwähne ich nur, dass die Stellung des Kehlkopfs am Halse in der Regel von der Art und Weise des Inspirirens völlig unabhängig ist. Was M. ferner über die Respirationsweise geschnürter Weiber sagt, ist auch nicht wahr. Wenigstens müssten die Corsets oder Schnürbrüste, die doch zunächst die untere Hälfte des Thorax an ihrer Dilatation verhindern, während sie die Bauchmuskeln weniger beeinträchtigen, sehr elastisch gearbeitet sein, wenn sie, wie M. behauptet, die laterale Inspiration gestatten oder gar gebieten sollten. Es scheint wirklich, als ob M. absichtlich seine Augen vor gewissen, seiner vorgefassten Theorie unbequemen, aber nichts desto weniger ins Auge fallenden Phänomenen verschlossen habe, um dafür andere Phänomene in desto grösserem Maassstabe zu erblicken.

Ueberhaupt kommt es für die Stimmgebung und deren Oekonomie viel weniger darauf an, nach welchem „Typus" inspirirt wird, sondern darauf,

wieviel Luft inspirirt wird, und auf welche Weise die Exspirationsapparate die Austreibung dieser Luft bewirken. Was die — beiläufig von uns längst erkannte, s. S. 37. — lutte vocale anlangt, so übersieht M. auch hier die Hauptsache, nämlich dass die Endwirkung dieses Kampfs, meinetwegen, um in M's. Ausdrucksweise zu bleiben, der „phonische Sieg" um so ergiebiger, glanzvoller ausfallen wird, je grössere Streitkräfte einander entgegengestellt worden sind. Glaubt Herr M. etwa, dass ein Sänger mit geringen Mitteln, nach einer blossen Zwerchfellkontraktion, so grosse phonische Erfolge expirando erzielen wird, als nach einer allseitigen Erweiterung des Thorax? Freilich, wer sich vor jeder Ermüdung scheut, der wird auch nie etwas Tüchtiges leisten. Uebrigens lässt M. die Hauptsache, nämlich die exspiratorische Verwendung der inspirirten Luft, als worauf es beim Singen doch hauptsächlich ankommt, ganz unerörtert, und dies ist der Gegenstand, dem wir unsere Aufmerksamkeit ganz besonders zuwenden müssen.

Bevor wir jedoch daran gehen, wollen wir erst noch einige Worte über die Grade der Vollständigkeit des Athemholens sagen. Beim Gesange unterscheidet man bekanntlich ein vollständiges und ein unvollständiges oder halbes Athemholen. Zum mehr oder weniger tiefen oder vollständigen Athemholen benutzt der Sänger die ihm zu Gebote stehenden Pausen, in welchen er dazu gewöhnlich hinlängliche Zeit hat, während er im Verlaufe längerer musikalischer Phrasen, wo keine Pausen vom Komponisten vorgeschrieben sind, wenn ihm der Athem ausgeht, in möglichst kurzer Zeit wenigstens soviel Luft schöpfen muss, um den Rest der Phrase vollenden zu können. Dies ist das sogen. halbe oder unvollständige Athmen. Es fragt sich nun: wieviel Zeit gehört zu einer vollständigen Inspiration, oder: in wie kurzer Zeit lässt sich sowohl eine vollständige als auch eine sogen. halbe Inspiration bewirken? ferner: welche Unterschiede im Modus inspirandi finden hier statt, und wie viel Luft wird etwa bei einer solchen unvollständigen Inspiration von den Lungen aufgenommen? Endlich, wie kann man eine solche kleine oder unvollständige Inspiration bewirken, um sie dem Zuhörer unmerklich zu machen und den Zusammenhang des Gesangs nicht zu stören?

Zu einer vollständigen Inspiration im Zustande der Ruhe gehören für einen gesunden erwachsenen Menschen bekanntlich*) durchschnittlich, wenn wir die ganze Respiration zu $3\frac{1}{2}$ Sekunden annehmen, etwa $1\frac{3}{4}$ Sekunden. Während des Singens, wo die Exspiration sehr weit über diese Normalzeit verlängert werden muss (beim gewöhnlichen Choralsingen, wenn man einen ganzen 4—5füssigen Vers in einem Athem singt, wird dieselbe etwa bis auf 12 Sekunden ausgedehnt), muss man je nach der Zeit, die man dazu hat, entweder längere Zeit auf der Inspiration verweilen, um den ermüdeten Organen mehr Ruhe zu gönnen, als beim gewöhnlichen Inspirationstempo möglich ist, und man verlängert zu diesem Zwecke die Inspiration bis auf 2, 3, 4 Sekunden, worauf man meist eine weniger lange Exspiration folgen lässt, oder man hat keine Zeit um im gewöhnlichen Tempo einathmen zu können, sondern muss diesen Akt beschleunigen. Nach einer ungefähren Schätzung vermag ich während des Singens eines längern, pausenarmen Stückes in Zeit von $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Sekunde einen ziemlich vollen Athemzug zu thun, mittels welches ich wieder einige Takte, etwa 8 Sekunden lang, fort-

*) Quetelet Versuch über den Menschen. Deutsch von Riecke. Stuttg. 1838. S. 395.

singen kann; dagegen habe ich etwa nur $^1/_4$ Sekunde oder 15 Tertien zu einer sogen. halben Inspiration nöthig, mit welcher ich freilich nur etwa halb so lange wirthschaften kann, als mit einer ganzen. Natürlich macht es hier einen Unterschied, ob man bereits längere Zeit nur auf diese letztere Weise während des Gesangstückes zu athmen genöthigt gewesen, oder ob man inzwischen einmal voll, oder noch besser langsam und bequem, einathmen konnte. Manche Gesangskomponisten stellen an die Lungen des Sängers in dieser Hinsicht übertriebene Forderungen. So muthet Mendelssohn z. B. in den bekannten Liedern: „O wunderbares tiefes Schweigen" und „Im Grün erwacht"*), von welchen Ersteres Adagio, Letzteres Andante con moto sich bewegt, und in welchen beiden keine einzige Pause vorgezeichnet ist (es kommt nur zu Ende des 1. und 2. Verses eine Fermate vor), dem Sänger zu, wo möglich die ganzen 36 und 45 Takte in Einem Athem zu singen, oder wo dies nicht möglich ist, an den Stellen, wo ihm der Athem ausgeht, ja nur so kurz und verstohlen zu athmen, dass dadurch der musikalische Gedanke nicht wesentlich unterbrochen wird. Solche Kompositionen, deren leider in der neuern Zeit sehr viele erschienen sind und leider auch gesungen werden, ruiniren, wenn sie wirklich im Sinne des Komponisten vorgetragen werden, das Stimmorgan des Sängers sehr bald, wenn dieser nicht vernünftiger ist, als der Komponist, und selbst nach seinem Gutdünken die Pausen macht, natürlich der eine Sänger an dieser, der andere an jener Stelle, also, dass auf Kosten der Stimmorgane auch nicht einmal der vom Komponisten beabsichtigte Kunsteffekt erreicht wird! In dieser Hinsicht waren die alten Komponisten, die sich immer erinnerten, dass der Sänger ein luftathmendes Geschöpf ist, doch vernünftiger und besonnener.

Bei einer so verstohlenen, möglichst kurzen Inspiration athmet der Sänger am häufigsten nach dem lateralen Typus, der sich, wo etwas mehr Luft geschöpft werden soll, auch nach Umständen mit dem abdominalen oder mit dem klavikularen verbindet. Sängerinnen müssen gewöhnlich hier vorzugsweise nach letzterem Typus athmen. Der abdominale dagegen erfordert, wenn der Mechanismus derselben vorherrschen soll, wenigstens nach meinen Versuchen und Beobachtungen mehr Zeit, als dass er zu einer sehr kurzen Inspiration mit Erfolg verwendet werden könnte.

Die Kunst, eine solche mezza inspirazione zu einer wirklichen „furtiva" oder verstohlenen zu machen, ist eine dem wahren Künstler sehr nöthige und wichtige. Aber auch hier gilt es wiederum, dass der ausführende oder vortragende Künstler gescheiter sein muss, als der Komponist, der in der Regel von dieser Kunst nichts versteht, und aus diesem Grunde auch sehr oft gerade an Stellen, wo „verstohlen" inspirirt werden muss, Vortragszeichen hingeschmiert hat, die, wenn sie beobachtet würden, geradezu eine solche Inspiration unmöglich machen würden. Ich verweise hier beispielsweise abermals auf Mendelssohn's Lied Op. 59, No. 1. Takt 6 u. 7, wo der Sänger unmöglich das crescendo bis zum 1. Viertel des 7. Takts ausdehnen darf, wenn er, wie sich gebührt, vor dem folgenden p eine inspirazione furtiva machen will. Aber dergleichen Beispiele liessen sich zu Tausenden aufbringen, selbst aus Komponisten, die noch höher stehen, als Mendelssohn. Die Regel, auf die es hier zunächst ankommt, lautet aber so: Man konsumire

*) Op. 48. u. 59.

den eben noch vorhandenen Luftvorrath nicht so weit, dass der Exspirationsmechanismus No. 4 (s. im Nächstfolgenden) nöthig würde, bringe die Basis des Thorax in eine bequeme, mittlere Senkung, ohne dass dabei irgend ein Auxiliarmuskel (z. B. Serratus anticus) noch in Wirksamkeit wäre, überhaupt in eine solche Disposition, in welcher keine erhebliche „lutte vocale“ mehr stattfindet, und bei welcher schon durch eine sehr kurze Inspiration die Flanken des Thorax verhältnissmässig ergiebig sich dilatiren können, ohne dass dazu eine noch vorhandene aktive Muskelkontraktion erst beseitigt werden müsste. Dabei versteht es sich von selbst, dass der letzte Ton der vorhergehenden Exspiration kein starker sein darf.

Die verschiedenen Modifikationen der Exspiration zu gewissen, namentlich phonischen Zwecken sind nach meinen Untersuchungen und Beobachtungen folgende.

1) Die einfache Exspiration ohne Glottisverengung. Mag vorher seicht oder tief inspirirt worden sein, immer besteht hier die Exspiration, wie schon mehrmals erwähnt, in einer rein mechanischen, passiven Luftaustreibung durch Kollabiren des aufgezogenen Thorax und Erschlaffen der während der Inspiration kontrahirten Muskeln. Die dabei im gesunden wie im kranken Zustande stattfindenden Geräusche bezeichnet man gewöhnlich, wenn sie in Distanz hörbar werden, mit dem Collektivausdruck Schnarchen. Der Mechanismus desselben ist verschieden, je nachdem dabei der Mund offen steht oder nicht. Im erstern Falle (bei Verstopfung der Nase) legt sich die Gaumendecke nebst Zäpfchen auf den gehobenen und rückwärts gezogenen Hintertheil der Zunge und geräth beim Durchstreichen der Luft zwischen beide Organe in eine grob vibratorische Bewegung, durch welche das Geräusch des Schnarchens bewirkt wird. Bei geringern Graden des Schnarchens vibrirt bloss das Zäpfchen in ähnlicher Weise, wie bei der Pronuncirung des R palatinum. Im zweiten Falle, wo die Luft durch die Nase streicht, wird die Gaumendecke gegen die hintere Wand des Schlundkopfs gezogen, und die zwischen beide Organe durchstreichende Luft versetzt den Gaumen in ähnliche Schwingungen, wie die Zunge einer Mundharmonika, nur dass dieselben keine durchschlagenden, sondern aufschlagende sind. Die Luft strömt also beim Schnarchen unter gewissen Hindernissen ein und aus, sie kann nur absatzweise durch die von den genannten Organen gebildete Spalte dringen, wobei jedoch die Stimmritze des Kehlkopfs ihre normale Weite behält; es bezweckt also das Schnarchen eine Verlangsamung des Luftstroms in der Absicht, die einzelnen Respirationsakte zu verlängern und das Bedürfniss neuer Inspiration etwas länger hinauszuschieben. In der Regel kommt das Schnarchen nur im Schlafe vor, besonders bei dicken, phlegmatischen, ihrem Bauch fröhnenden Individuen, deren Blutoxydation langsamer vor sich geht, und welche daher auch, wenn der Körper ruhig liegt, nur langsam zu athmen pflegen. Dabei mag das dicke, fettreiche, schon durch seine Schwere auf die hintere Schlundwand herabfallende Gaumensegel auch das Seinige thun.

2) Die beschleunigte oder stossweise Exspiration ohne phonische Glottisbewegung. Dieser Mechanismus, gewöhnlich Husten genannt, wird veranstaltet, um einen im Kehlkopf oder in den Verzweigungen der Luftröhre befindlichen, als Reiz wirkenden Körper herauszuschaffen oder durch Hervorrufung einer stärkeren Sekretion dessen Reiz abzustumpfen. Zu diesem Zwecke wird zu Ende der letzten Inspiration der

Kehlkopf unwillkührlich geschlossen und der Rahmen des Zwerchfells fixirt, worauf sich die Glottis plötzlich öffnet, gleichzeitig die Inspirationsmuskeln einschliesslich des Zwerchfells sich ebenso plötzlich relaxiren, und dadurch die im Thorax befindliche Luft gewaltsam hervorgetrieben wird. Der Druck, den die Luft durch das rasche Niederfallen der Thoraxwandungen erleidet, macht, dass dieselbe nicht nur nach oben, durch die Glottis, sondern auch nach unten zu entweichen strebt, das Zwerchfell herabstösst, und so einen mehr oder wenig gewaltsamen Druck auf die Unterleibsorgane ausübt, der durch eine Auftreibung des Epi- und Mesogastriums sichtbar wird, und bekanntlich oft zur Entstehung von Hernien Anlass giebt. Dabei wird auch der Kehlkopf (natürlich sammt der Luftröhre u. s. w.) ein wenig herabgezogen. Das herabgestossene Zwerchfell kehrt hierauf in seine normale Lage wieder zurück, welcher Vorgang abermals mit einem, obwohl schwächern Exspirationsstosse begleitet ist. Zwischen diesen beiden Stössen verengt sich die Glottis etwa bis zur Hälfte ihres normalen Respirationslumens; während der beiden Stösse erweitert sie sich je nach dem Grade des stattfindenden Druckes. Jeder dieser Hustenstösse ist von einem Geräusche begleitet, dessen Qualität zunächst von der Beschaffenheit der Stimmbänder, zum Theil aber auch der Stellung der Organe des Ansatzrohrs zu einander abhängig ist. Was Valentin *) von der Stellung der Zunge und der Gaumenbogen im Augenblicke der vorbereitenden Einathmung sagt (die Zunge ist meist niedergedrückt, die Gaumenbogen fast wagrecht, das Zäpfchen meist zurückgezogen), das ist nichts dem Husten Eigenthümliches, sondern findet bei jeder tiefen Inspiration statt. Ebenso sind das Verengen des Isthmus faucium, das Vorschiessen des Zäpfchens, das Vor- und Aufwärtstreten der Zunge Phänomene, die auch bei andern Exspirationsweisen vorkommen. Den wesentlichen Mechanismus des Hustens hat Valentin völlig unerklärt gelassen. — Der Husten bietet unter verschiedenen Umständen mehrere Modifikationen dar. Beim sogenannten Keichhusten folgen mehrere Exspirationsstösse mit abnehmender Stärke in einer Exspiration hintereinander, so dass dieselbe sehr in die Länge gezogen wird und dadurch der Inhalt des Thorax eine bedeutende Reduktion erleidet, welche den Grund der nachfolgenden Inspirationsverlängerung (die mit einem Tone begleitet ist) abgiebt. Wenn die innere Auskleidung des Kehlkopfs angeschwollen ist, so erhält das Hustengeräusch ein eigenthümlich krähendes Timbre. Was den Husten als Krankheit der Sänger und Redner anlangt, so kommen wir darauf in einem spätern Abschnitte dieses Werks noch einmal zurück.

Befindet sich der zu entleerende Stoff zwischen den Stimmbändern oder in den Ventrikeln, so ist der Mechanismus, durch den dessen Auswerfung bewirkt wird, ein weniger gewaltsamer. Entweder wird hier die Glottis wie im vorigen Falle zu Ende der vorigen Inspiration geschlossen und gleichzeitig (wie immer in diesem Falle) das Zwerchfell angespannt, hierauf durch eine rasche Kontraktion der Exspirationsmuskeln die Glottis geöffnet, und dem Zwerchfell der abwärts gehende (schwächere) Stoss versetzt, aber sofort wird die Glottis wieder geschlossen und das Zwerchfell kehrt zurück, um nach Befinden sich zu gleichem Zweck und in gleicher Art noch ein oder einige Male zu öffnen und beziehendlich herabzusteigen. Oder es wird die Stimmritze nur soweit verengt, dass in ihr ein knurrender, schlechter

*) Physiologie I. Bd. S. 527.

Ton erzeugt werden kann: die hintere Partie der Glottis wird hierbei nicht vollständig geschlossen, und die Luft wird rasch herausgestossen, so dass sie an den Stimmbändern und den anstossenden Theilen der innern Kehlkopffläche eine bedeutende Reibung ausübt, die fähig ist, anhängende, der Phonation hinderliche Schleimpartikel in die Höhe zu führen. Der Kehlkopf verändert dabei seine mittlere Stellung nicht. Auch dieser Vorgang (gewöhnlich Räuspern genannt) kann durch ein- oder zweimaligen Stimmritzenschluss in 2 oder 3 Momente getheilt werden. Sitzt der Schleim höher, so wird zwischen der gehobenen Zunge und dem gesenkten Gaumensegel behufs der Lufteinengung eine Ritze gebildet, inmitten welcher das Zäpfchen liegt, das dieselbe in 2 Theile theilt und auf der Zunge liegend durch die vorgetretene Luft in aufschlagende Vibrationen versetzt wird, die dem R-Laute ähnlich sind. Man nennt diesen Vorgang Racksen.

Das Niesen gehört auch hierher. Dies ist noch mehr als der Husten, der sich allenfalls absichtlich erzeugen lässt, ein unwillkührlicher, durch Reflexthätigkeit bewirkter Vorgang. Es wird durch eine eigenthümliche Inspiration vorbereitet, die ebenso wenig der Willkühr gehorcht, als die Exspiration. Bei dieser Inspiration wird, wenn der Reiz nicht bedeutend genug ist, der Mund offen gehalten, und einigemale von neuem ziemlich kurz und scheinbar gewaltsam inspirirt, ohne dass es inzwischen zur ordentlichen Exspiration kommt. Die Gesichtsverziehungen während dieses Aktes sind bekannt. Das Merkwürdige bei diesem Inspirationsvorgange ist aber, dass dabei, wenigstens bei den Wiederholungen, gar nicht tief inspirirt wird (wie Valentin behauptet) sondern die Luft nur in die Nasenhöhle, höchstens bis an den Kehlkopf, eingezogen wird, offenbar in der Absicht, um den zur völligen Reflexthätigkeit noch nicht hinlänglich erstarkten Reiz zur Reife zu bringen. Aus diesem Grunde wird bei den Wiederholungen des Inspirationsmechanismus wohl der Thorax noch mehr gehoben, als es durch die erste Inspiration geschah, aber nicht mehr erweitert, das Zwerchfell nicht angespannt, daher auch der Unterleib nicht gewölbt, sondern vielmehr eingezogen oder abgeflacht, fast wie bei der früher erwähnten Inspirationsweise bei geschlossener Nase. Ausserdem wird nach Valentin der weiche Gaumen schief oder wagrecht gestellt, wobei das Zäpfchen oft die hintere Wand des Schlundkopfs berührt, und so die Choanen fast abgeschlossen werden. Ist nun die Sache auf diese Art hinlänglich vorbereitet, und die Nasennerven bis auf einen Punkt irritirt oder geladen, der nicht überschritten oder auf andere Art ausgeglichen werden kann, so erfolgt die entladende, das neurotonische Gleichgewicht herstellende Exspiration auf folgende Weise. Der Mund wird, wenn irgend die Nasenkanäle wegsam genug sind, geschlossen, die Choanen geöffnet, und die durch obigen Inspirationsprozess in den Luftwegen wohl ziemlich (wenigstens verhältnissmässig) komprimirte Luft durch eine rasche Exspirationsbewegung durch die Nasenkanäle hervorgestossen, wobei dem Zwerchfelle ein ebensolcher Stoss, der die Unterleibseingeweide herabdrückt, versetzt und der Kehlkopf ebenfalls etwas herabgedrückt wird, wie beim Husten. Die Luft fährt mit einem zischenden Geräusche durch die Nasenkanäle, dringt dabei in die Tuba Eustachii und stösst an das Trommelfell, was eine eigenthümliche schnalzende (von den Bewegungen der Gehörknöchelchen in ihren Artikulationen herrührende) Phonation hervorbringt; sie fährt ferner in die Kieferhöhlen und in die Thränenkanäle, aus den sie die Thränenflüssigkeit in das Thränen-

becken zurückführt, endlich in die Keilbeinhöhlen, Stirnhöhlen u. s. w., wofern diese nicht bereits mit Schleim gefüllt sind, und reisst alles, was sie mit sich fortführen kann, namentlich den während der vorbereitenden Inspiration in grösserer Menge abgesonderten Schleim sammt den Substanzen, welche zunächst den Reiz ausübten, mit sich fort und zu den Nasenlöchern hinaus.

3) Exspiration mit phonischer Glottisverengung. Hier wird die Exspiration nothwendig verlangsamt und das Zwerchfell nebst den Bauchmuskeln tritt mehr oder weniger in selbstständige Thätigkeit, wenn gewisse Kehlkopfmuskeln zu phonischen Zwecken zu fungiren beginnen. Dreierlei Modifikationen haben wir hier zu unterscheiden.

a) Tönende Exspiration ohne erhebliche Kompression der Lungen. Diese Exspirationsmanier weicht ihrem Mechanismus nach von dem gewöhnlichen Ausathmen nur dadurch ab, dass eben die Glottis bis auf eine enge Ritze geschlossen ist, und dadurch die Exspiration verlangsamt wird. Der während der Exspiration aufgezogene und erweiterte Thorax kollabirt allmälig, ohne dass von Seiten der Fixatoren der untern Rippen ein Versuch gemacht würde, diese Bewegung zu hemmen oder den Bauchmuskeln feste Punkte zu einer aktiven Kontraktion zu bieten. Der bei Beginn der Exspiration angegebene Ton wird entweder in gleicher Schwingungszahl fortgehalten, oder er sinkt allmälig tiefer; er kann aber auch innerhalb gewisser Grenzen beliebig seiner Schwingungszahl nach abgeändert werden. Die Thoraxluft wird dabei nicht sonderlich komprimirt; sie entweicht unter dem normalen exspirativem Druck freiwillig durch die enge Glottis, wo sie nach Maassgabe der Verengung und Spannung derselben einen höhern oder tiefern Ton giebt, der natürlich piano ausfallen muss. Zwerchfell und Bauchmuskeln verhalten sich dabei indifferent, weil sie nichts zu komprimiren haben, was am deutlichsten daraus hervorgeht, dass man während einer solchen Exspiration ganz nach Belieben durch absichtliche Relaxirung oder Anspannung des Zwerchfells den Unterleib einziehen oder auftreiben kann, ohne die Exspiration dabei im mindesten zu stören oder den Ton zu ändern. Dieses Experiment ist von Wichtigkeit und wird uns später noch manchmal beschäftigen. Nur wenn die Thoraxluft zu Ende gehen will, d. h. die Thoraxwände bis zum Indifferenzzustande verengt worden sind, muss eine aktive Kontraktion der Bauchmuskeln eintreten, wenn die Exspiration noch verlängert werden soll. Die Spannung der Thoraxluft hängt im Allgemeinen von dem Widerstande ab, den sie in der Glottis zu überwältigen hat. Bei dieser Exspirationsmanier ist letzterer gering, also auch erstere. Gegen Ende der Exspiration, wenn schon die Rippen ziemlich gesunken sind, bildet sich im Epigastrium zwischen beiden Mm. recti abdominis die Längenfurche.

Das Gähnen und Seufzen sind physiologische Vorgänge, welche in diese Kategorie fallen, ersteres natürlich nur, wenn es mit einem Tone begleitet wird, wodurch es dem Seufzen sich annähert. Beiden Vorgängen geht eine tiefe Einathmung voran, besonders dem Gähnen, bei welchem gewöhnlich mit offenem Munde und weiter Glottis inspirirt wird, wobei der weiche Gaumen stark gehoben und das Zäpfchen oft sehr verkürzt wird. Zu Ende der Inspiration, die gerade keine tiefe genannt werden darf, da das Zwerchfell, was die mangelnde Bauchwölbung zeigt, eben nicht sonderlich dabei herabtritt, wird die Stimmritze geschlossen, die inspirirte Luft

gewöhnlich eine halbe oder ganze Sekunde zurückgehalten, und nun beginnt die Exspiration, indem die Glottis ein wenig geöffnet wird, die Stimmbänder die Fistelspannung annehmen und die Luft zum Fistelton verarbeitet hervorströmt, der allmälig, mit abnehmender Tension der Lungen, tiefer wird und endlich entweder aufhört, wenn die Glottis sich weiter öffnet, und dann die Luft vollends mit grösserer Schnelligkeit herauslässt, oder in das Strohbassregister herabspringt, sobald die Luft nur noch mittels der Bauchpresse entweicht. Die Erklärung dieser Stimmphänomene wird in der 2. Abth. gegeben werden.

Von den Gesang- und Sprechmanieren gehört ausser dem ruhigen, getragenen, ohne alle Anstrengung vollzogenen Singen mit Bruststimme (Choralgesang), das Fistelregister hierher, welches sich vom Brustregister, ausser der besondern, später zu erörternden Bänder- und Muskelspannung noch dadurch auffallend unterscheidet, dass weder Zwerchfell noch Bauchmuskeln dabei sich in specifischer Weise kontrahiren. Diess lässt sich durch ein einfaches Experiment nachweisen. Man fixire seinen Körper, am besten in sitzender Stellung, indem man den Rücken anlehnt, und gebe eine Gesangpassage in abgestossenen (staccato) Fisteltönen. Bei jedem solchen Tone sinkt das Zwerchfell etwas weiter, um sich nachher, wenn die Glottis sich schliesst, wieder etwas zu heben, so dass während dieses Staccato-Gesangs der Unterleib, zunächst das Epigastrium, in einem fortwährenden Aufhüpfen begriffen ist, was fast ins Lächerliche fällt und auch wirklich seinem Mechanismus nach dem Lachen sehr verwandt ist. Beim Staccato auf nicht zu piano und ohne Zwischenpausen angegebenen Brusttönen findet dieses Aufhüpfen der Bauchdecke fast gar nicht statt *), warum nicht? Weil dabei Bauchmuskeln sammt Zwerchfell gespannt gehalten werden und die einzelnen Exspirationsstösse durch sukcessive Verkleinerung des Thorax geschehen, nicht durch Druck der Baucheingeweide gegen das schlaffe Zwerchfell. Allerdings mag ich diesen Unterschied im Verhalten des Zwerchfells als kein wesentliches diagnostisches Merkmal zwischen Brust- und Fistelregister ausgeben, da die Spannung jenes Organs lediglich von der Spannung der Luft des Thorax abhängt, und bei sehr leisen Brusttönen, wenn sie staccato intonirt werden, auch ein Aufhüpfen des Unterleibes wahrzunehmen ist, obwohl man dasselbe auch hier (bei einiger Uebung) vermeiden kann; aber das Auffallende ist, dass bei Fisteltönen allemal, und nothwendig auch wider Willen, bei Brusttönen aber nur, wenn sie leise, d. h. mit sehr geringer Lufttension, und wenn man nicht absichtlich dagegen arbeitet, gegeben werden, das erwähnte Phänomen auftritt, welches demnach als für die tönende Exspiration ohne Komprimirung der Thoraxluft charakteristisch anzusehen ist.

b) Tönende Exspiration mit Kompression der Lungen. Hier werden sowohl die Glottiswände stärker gegen einander gerückt, gespannt und verdichtet, als auch die Thoraxluft durch aktive Kontraktion der Exspirationsmuskeln stärker komprimirt. Es werden auf diese Art die gewöhnlichen vollen, kräftigen Brusttöne (Vokale), mögen sie zur Sprache oder zum Gesange verwendet werden, erzeugt. Die physiologischen Elemente dieser Exspirationsmanier sind folgende:

---

*) Nur das Hypogastrium erleidet dabei einen sichtbaren Stoss, der aber nicht sehr auffällig ist.

1) Relaxation der Inspirationsmuskeln durch Aufheben der Nervenirradiation in dieselben bedingt.
2) Hemmung oder Verlangsamung derselben durch die Verengung der Glottis.
3) Fixirung der untern Rippen (bei gleichbleibender Kompression der Thoraxluft).
4) Kontraktion der Bauchmuskeln, namentlich der untern Partien.
5) Seitendruck der komprimirten Luft nach allen Seiten, wobei das Zwerchfell sogar nach unten bewegt werden kann.

Diese Elemente treten folgendermaassen in associirende Thätigkeit. Durch die Verengung der Glottis, die dabei ziemlich starre dicke Wände bekommt, wird der Ausfluss der Luft bei Relaxation der Inspirationsmuskeln verlangsamt, und wenn keine weitere Beihülfe hinzuträte, würde die Luft unverdichtet, ohne Seitendruck, wie bei der vorigen Exspirationsweise entweichen, was aber in gegenwärtigem Falle nicht genügen würde, um die gespannteren Stimmbänder in tönende Schwingungen zu versetzen. Zu diesem Zwecke bedarf es einer Kompression der thoracischen Luft. Diese kann auf verschiedene Weise zu Stande kommen, und wir können hier auf Grund der von mir angestellten Versuche und Beobachtungen folgende drei Typen unterscheiden.

aa) Phonische Exspiration mit Auftreibung des Unterleibs. Wenn man, am Besten in sitzender Körperhaltung, nach einer gewöhnlichen, mittlern Inspiration, die halb lateral, halb abdominal sein mag, den Vokal A mit einiger Bestimmtheit ausspricht, oder singend ihn piano einsetzt und rasch anschwellen lässt, so beobachtet man (vor einem grossen Spiegel mit hinlänglich entblösstem Körper sitzend) Folgendes. Die Luftröhre erweitert sich, der Umfang des Halses nimmt dadurch zu, an mehrern Rippenzwischenräumen auf der Vorderfläche des Thorax sieht und fühlt man ein Vortreten oder Konvexwerden; das epigastrische Dreieck vermindert seine Breite nicht merklich, wohl aber wird die Wandung desselben starr und wölbt sich, ebenso die mittlern Längenzonen des Meso- und Hypogastriums, welche mehr oder weniger auf- oder vorwärts treten und gleichfalls an Renitenz zunehmen. Soweit wir also bis jetzt sehen, sind die Erscheinungen denen, welche man bei der Exspiration erwartet, geradezu entgegengesetzt. Die Thoraxluft, welche nach Expansion strebt, drückt, wie es scheint, nach allen Seiten, und bewirkt daher da, wo dieser Druck nachgiebige Theile trifft, eine Auftreibung derselben. Jedenfalls wird also auch das Zwerchfell nebst den darunter gelegenen Unterleibsorganen bei einer solchen Exspiration ein Stück herabgestossen, welcher Stoss die Auftreibung der Bauchwand erzeugt. Es fragt sich nun, auf welche Weise, durch welche Organe unter diesen Umständen die Kompression des Thorax bewirkt wird. Durch das Zwerchfell kann dies jedenfalls nicht geschehen, denn dies wird ja selbst bewegt: durch die Relaxirung der Intercostales und übrigen Rippenheber jedenfalls mehr, als durch die selbstständige Aktion der Bauchmuskeln, die ja auch nachgeben müssen; doch sind sie in der That, und zwar, wie sich beobachten lässt, in folgender Art hier thätig. Wenn man die Bauchgegend nicht nur von vorn, sondern auch von der Seite betrachtet, so bemerkt man in der seitlichen Hypochondrial- und in der Lendengegend eine Verengung und Ein- oder Vorwärtsziehung der hier liegenden Theile. Die untersten Rippen werden offenbar ein- und abwärts

gezogen: es ist also der Quadratus lumborum und der Obliquus abdominis internus thätig; ferner könnten in diesem Falle auch die innern Musculi intercostales als Exspiratoren wirken, da dieselben gleichsam eine Fortsetzung des letztgenannten Muskels bilden und sogar mit demselben eng zusammenhängen. Ausserdem fühlt man deutlich die Kontraktion wenigstens der obern Abtheilung des Rectus abdominis. Der Obliquus externus dagegen und der Transversus abdominis scheinen unthätig zu sein. Unter diesen Umständen wird der Raum des Unterleibes von den Seiten her verkleinert, während sein von vorn nach hinten gehender Durchmesser wächst, zumal wenn das Zwerchfell dem nach unten wirkenden Seitendruck der Luft des Thorax sich nicht oder nicht genug widersetzt. — Sowie nun dieser vokalische Luftdruck aufhört oder der Ton ohne die gedachte Verstärkung piano fortgesetzt wird, da kehrt der Mechanismus in den sub a) beschriebenen zurück. Ein sehr kurzer, scharf intonirter, dann aber durch Glottisschluss abgeschnittener Vokallaut vermag ausser dem Epigastrium und Mesogastrium auch die untere Portion des Thorax etwas zu dilatiren. Setzt man in einer und derselben Exspiration die Pronuncirung der scharf betonten Silbe at, ap oder auch nur des staccato gegebenen a mehrere Male fort, so findet ein förmliches Aufhüpfen (dem natürlich ein Niederhüpfen folgt) der mittlern Zone der Bauchwand, zunächst der obern Hälfte des Epigastriums, dessen Stoss sich nach unten fortpflanzt, statt; eine Erscheinung, die noch auffallender wird, wenn man dieses Staccato auf Fisteltönen ausführt. Etwas Aehnliches kann man beobachten, wenn man einen gepressten Seufzerton u. dergl. bei sitzendem Körper hervorbringt; ebenso beim Miauen einer sitzenden Katze. Beim Stehen, wo der Unterleib mehr Freiheit hat, ändert sich Manches, wenigstens am Unterleibe. Am Epigastrium, das nur zu Anfang der Exspiration etwas, jedenfalls weniger, als beim Sitzen, hervortritt, erscheint die Längenfurche sehr deutlich, um so tiefer, je mehr man das Hypogastrium hervorspringen lässt; auch die seitliche Einziehung des Unterleibs stellt sich deutlicher heraus, besonders gleich unter der unteren Konvexität der Thoraxbasis. Die mittlern Zonen des Mesogastriums dagegen und fast das ganze Epigastrium treten bei diesen phonischen Versuchen deutlich hervor. — Bei allen diesen Phänomenen ist jedoch zu erwägen, dass es nur akcessorische oder auxiliäre für die übrigen, nothwendigen Exspirationsthätigkeiten sind. Jenes Vortreten, Stossen, Aufhüpfen, jene Bildung der Längengrube u. s. w. sind nur in den allgemeinen Exspirationsakt eingelegte, momentane Akte, welche die übrige Exspirationsthätigkeit nicht aufzuhalten, höchstens etwas abzukürzen fähig sind.

bb) Phonische Exspiration mit Dilatation der Thoraxbasis. Auch hier werden in den ruhigen, gleichförmigen Exspirationsprocess einige neue, momentene Muskelakte, die noch auffälliger als die vorigen sind, eingelegt, und zwar in der Regel, wenn man eine (experimenti caussa am Besten bei geschlossenem Munde) piano begonnene, bisher also ohne sonderliche willkührliche Muskelkontraktion vollzogene tönende Exspiration plötzlich behufs einer springenden Tonerhöhung oder Verstärkung im eigentlichsten Sinne des Worts ausdrucksvoller machen will. Die Phänomene haben hier abermals Aehnlichkeit mit Inspirationselementen. Mitten im exspirativen Vorgange, nachdem also die Rippen bereits ein Stück sich gesenkt haben und namentlich die Basis thoracis enger geworden ist, werden plötzlich die untern Rippen, mindestens von der 6. an bis zur 12.,

gehoben und die Basis thoracis in erheblicher Weise, bis zu 1--2 Zoll, erweitert; die ganze Bauchwand, die mesogastrische Zone natürlich am meisten, wird platt gezogen, in dem Maasse, als sich die Thoraxbasis erweitert: die epigastrische Längenfurche erscheint schon jetzt (wenigstens ziemlich) deutlich, dagegen weder am Halse noch am Thorax sind Zeichen eines dilatirenden Seitendrucks wahrzunehmen, im Gegentheil sind die Halsmuskeln gespannt, und die Luftröhre, wie es scheint, verengt. Die hierbei am Thorax in neue Thätigkeit gezogenen Muskeln sind der Serratus anticus magnus, die Zacken des Latissimus dorsi, die untern Zacken des Pectoralis major u. s. w.; von den Bauchmuskeln sind namentlich der Obliquus externus, Transversus und Rectus in ganzer Ausdehnung thätig, die andern wenig oder gar nicht. Das Zwerchfell verhält sich hier noch mehr, als bei dem vorigen Mechanismus, passiv; es wird durch die Unterleibsorgane, namentlich durch die Leber, die hier wie ein Stempel wirkt, aufwärts getrieben, und auf diese Art die Luft des Thorax in wirksamster, aber nicht nachhaltiger Weise komprimirt. Am ergiebigsten ist dieser Kompressionsmechanismus nach vorausgegangener Abdominalinspiration, und ist wohl hier für jede nur einigermaassen klangreiche Tonbildung mehr oder weniger erforderlich. Nach dem Klavikulareinathmen dagegen, wobei das Epigastrium schon eingezogen wird, ist derselbe, wenn auch nicht geradezu unmöglich, aber doch sehr anstrengend und für den Gesang durchaus verwerflich. Ebenso wenig zu billigen ist gewaltsame Hebung der Schultern und der obern Thoraxorgane bei diesem Exspirationsakte oder zur Unterstützung desselben. Beim Singen kommt dieser Mechanismus besonders für das, namentlich unvorbereitete, markirte Angeben hoher Brusttöne in Anwendung, z. B. wenn von dem piano gegebenen c plötzlich auf e^1 oder f^1 gesprungen werden soll. Nach einer solchen Leistung senken sich die untern Rippen mehr oder weniger rasch nieder, das epigastrische Dreieck verschmälert sich, die ganze Bauchwand wölbt sich wieder, und die epigastrische Längenfurche tritt mehr hervor.

cc) Phonische Exspiration mit Festhalten der Thoraxbasis. Behufs dieses Exspirationstypus, wenn er sofort nach der Inspiration wirken soll, muss allemal der Thorax in allen seinen Dimensionen möglichst erweitert und ausser den nothwendigen Inspirationsmuskeln auch alle früher aufgeführten Hemmungs- und Fixationsmuskeln kontrahirt werden, wogegen letztere Muskeln erst nach begonnener Exspiration, während derselben in Kraft treten, wenn ein piano oder mf begonnener Ton bis zum f oder ff verstärkt werden soll. Der Sänger nimmt in solchen Fällen gewöhnlich einen sogenannten Anlauf, wie es meist schon in der vorzutragenden Passage durch den Komponisten vorgezeichnet worden ist. Beispiele dazu liefert fast jede Oper, jeder kräftige Chor u. s. w. Bei diesem Mechanismus tritt das Zwerchfell fast ebenso in die Reihe der Hemmungsmuskeln, wie die Serrati, die Pectorales u. s. w., wenn wir es nicht vielmehr als einen Regulator und Kompensator ansehen wollen, der etwaige Differenzen zwischen den Fixatoren und Exspiratoren ausgleicht. Die hier einander entgegenstehenden, aber eben dadurch kräftig zusammenwirkenden Muskeln sind: Serratus anticus m. und die Rippenbündel des Latissimus dorsi einerseits und der M. obliquus abdom. externus andrerseits; Serratus posticus inferior einerseits, und Zwerchfell, sowie aber auch Transversus abdom. (obere Abth.) andererseits; der Sternocleidomastoideus: Rectus abdominis; Intercostales in-

terni und Serratus posticus superior et inferior: Obliquus abd. internus; vielleicht auch Pectoralis minor: Triangularis sterni u. a. m. Das Zwerchfell spannt sich, während seine Ursprungsstellen durch die erwähnten Fixatoren festgehalten werden, an, um zu verhüten, dass die Leber und die andern unter ihm liegenden Organe durch die Bauchmuskeln zu rasch, zu gewaltsam und vor Allem zu ungleich (oscillando oder *tremolando*) gegen die Lungen gedrängt werden, und die Emission der tönenden Luft dabei eine abnorme, die Höhe, Stärke und Intensität des Tones störende werde. Namentlich scheint sehr viel auf seine exakte Wirksamkeit anzukommen, wenn ein starker Ton längere Zeit hindurch auf gleicher Klanggrösse erhalten werden soll, während das Gleichbleiben der Schwingungszahl zunächst durch die Spannung und Annäherung der Glottiswände bedingt wird. Sobald der Sänger es nicht in seiner Gewalt hat, diese regulatorische Spannung des Zwerchfells seinem Willen fest und bestimmt unterzuordnen, wird die Stimme tremulirend. Genauer untersuchen wollen wir den Mechanismus des *Tremolo* in dem Abschnitt über die Phänomene des lebenden Stimmorgans.

Diese drei verschiedenen phonischen Exspirationsmodifikationen kombiniren sich nun beim wirklichen Sprechen und Singen in sehr verschiedener Weise. Jeder neue Glottisschluss bewirkt, wenn er nach einem mässig oder ziemlich forte gegebenen Brustton folgt, eine sicht- und fühlbare Bewegung an den Wandungen des Unterleibs, welche auch bei der 3. Modifikation nie so starr gehalten werden können, dass nicht der Glottisschluss einen Rückstoss auf dieselben ausübte. Man kann, besonders im dramatischen und sonst ausdrucksvollen Gesange, in einer und derselben Exspiration oft alle drei Modifikationen hintereinander beobachten, und es lässt sich ohne Mühe ad oculos demonstriren, was eigentlich der Ausdruck im Gesange zu bedeuten hat, und durch welche physischen Mittel er bewirkt wird.

Ueber die Quantität und die Pression der bei der tönenden Exspiration entweichenden Luft hat neuerdings Harless*) genauere Untersuchungen angestellt, von welchen wir hier das Wesentlichste mittheilen wollen. Von Interesse für uns sind zunächst die relativen Luftmengen, welche mit einander verglichene Töne bei einem und demselben Individuum fordern. Dies Quantum hängt von der Pression der Luft in der Windlade (Thorax) und von den Widerständen ab, welche sich dem freien Ausströmen der Luft entgegensetzen. Es ist daher die Kraft, welche die Luft in Bewegung setzt, und die endliche Geschwindigkeit der Luftströmung, die aus dem Verhältniss der bewegenden Kraft zu den Widerständen resultirt, zu untersuchen. Die Pression der Luft innerhalb der Lungen lässt sich während der Dauer des Windes nicht direkt bestimmen, da wir für den einzelnen Fall die Grösse der Stimmritze nicht genau kennen. Der sogenannte Exspirationsdruck giebt nur für die Kraft der Muskeln und sonstigen bei der Respiration thätigen Gewebe ein absolutes Maass, und besagt nur, dass diese Kräfte eine Wassersäule von 12 Fuss Höhe zu balanciren im Stande sind, während dabei die Bewegung der Luft für den Moment der Beobachtung = 0 gesetzt wird. Je unbehinderter der Inhalt eines mit kontraktilen Wänden versehenen Behälters durch die Ausflussmündung ausströmen kann, desto geringer ist die

*) Artikel „Stimme" in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 4 S. 527 ff.

Rückwirkung des Inhalts auf die Wände. Bei der Exspiration bestimmt demnach die Grösse der Stimmritze die Geschwindigkeit der Entleerung der Lungen. Nach Harless' Versuchen beträgt bei ganz ruhiger, möglichst ohne Muskelbeihülfe vollzogener Exspiration von $2^1/_2$ Sekunden Dauer die Weite einer 21 Millimeter langen Stimmritze durchschnittlich 1,03 Millim., der Flächenraum derselben 24,75 □ Millim., das entleerte Luftquantum 313,7 Kubikmillimeter in 1 Sekunde. Bei der stärksten Exspiration, die 9 Sekunden dauerte, wurde in 1 Sekunde durchschnittlich 4140 Kubikmillim. Luft geliefert, bei kürzerer Dauer (die Zahl der Sekunden hat H. nicht angegeben) durchschnittlich 7157 Kubikmillim. in der Sekunde. Ueberhaupt können nach H.'s Versuchen circa 4,5 Mal mehr Widerstände bei forcirter Exspiration überwunden werden, ohne dass die Windmenge, welche in einer Sekunde ausgetrieben wird, im Geringsten abzunehmen braucht. Geschieht dies aber ausserdem noch, so ist es der Kraft der Exspiration möglich, noch einen viel grössern Widerstand zu überwinden. — Was die beim Erzeugen verschiedener Töne stattfindenden Luftmengedifferenzen anlangt, so sprechen (wie wir später noch genauer untersuchen werden) die Töne der Stimmbänder um so leichter an, je enger die Stimmritze ist, und diese wird um so enger, je höher der Ton steigt. Bei den geringsten Windstärken hat man hier jedenfalls eine Verengerung der Stimmritze gegen ihre Weite bei der ruhigsten (tonlosen) Exspiration zu erwarten. Wird aber dabei das gleiche oder ein grösseres Luftquantum in gleicher Zeit exspirirt, so muss der Luftdruck zugenommen haben. Zunächst reicht der einfache Exspirationsdruck nie aus, um auch nur den leisesten Ton zu erzeugen, er muss allemal wachsen; für die tiefsten Töne am wenigsten, da hier die Stimmritze am wenigsten verringert ist, für die höchsten Töne am meisten. Die grösste Luftmenge streicht bei den mittlern Tönen durch, doch ist der Unterschied bei H.'s Versuchen (mit schwacher Stimme) gegen das Quantum des tiefsten Tons gehalten sehr gering, etwas mehr gegen das des höchsten Tons. Bei Forte und Fortissimo schwinden diese Unterschiede noch mehr, es wird hier durchschnittlich 2000 Kubikmillimeter Luft in 1 Sekunde exspirirt. Die tönende Exspiration dauert natürlich länger, als die tonlose, und zwar bei Forte länger, als bei Piano [?]. Harless setzt das Verhältniss für a^1 (Mittelton) wie 9 (tonlos), 13 (pp), 24 (forte). Beim Piano muss also die Stimmritze weiter sein, als bei Forte. Der Werth der Widerstandshöhe steigt dabei rascher an, als der des bewältigenden Druckes. Verminderung der Widerstände ist für die tiefen, Verstärkung des Drucks mit Ueberkompensation der zugleich vermehrten Widerstände für die mittlern, Verstärkung des Drucks mit einer diese überkompensirenden Vermehrung der Widerstände für die höchsten Töne das Charakteristische. — Nur bei tiefen Tönen kann die ganze Exspirationsluft bei Vermeidung des Erstickens zur Tonbildung verwendet werden; je höher aber der Ton, um so weniger Bruchtheile dieses Luftquantums: denn um so früher tritt hier der Zeitpunkt ein, wo die für ihn nothwendige Pression nicht mehr ausführbar ist. Während der tonlosen Exspiration nimmt die Pression sukcessiv ab. Während des Tönens muss die Pression auf einem bestimmten Grade erhalten werden, so lange Stimmbandspannung und Stimmritzenweite konstant bleibt, sonst ändert sich der Ton. Das heisst: es genügt nicht, einen gewissen Grad der Muskelkontraktion eine bestimmte Zeit auf annähernd gleicher Höhe zu erhalten, sondern man muss dieselbe ent-

sprechend der sich vermindernden elastischen Rückwirkung der Luft stetig anwachsen lassen, was natürlich bei Tönen, die eine anfänglich schwächere Pression verlangen, länger fortgesetzt werden kann, als bei den sofort forte eingesetzten. Doch wird bei den hohen Tönen durch die verlangsamte Abnahme der Lufttension die Verminderung der Muskelkontraktion einigermaassen kompensirt. — Man kann mitten in der Exspiration einen angestimmten, selbst hohen Ton plötzlich abbrechen, ohne dass derselbe vor seinem Verschwinden sinkt. Von den drei hier möglichen Fällen, dass wir entweder durch eine Inspiration die noch bestehende Kompression aufheben, oder die komprimirte Luft nur die elastischen Thoraxwandungen erweitern lassen, ohne sie zwischen den Stimmbändern weiter vorzudrängen, oder dass wir plötzlich die Stimmritze möglichst erweitern, findet nach Harless nur der letztere Fall statt, indem er fand, dass dabei Luft (im Mittel $11\frac{1}{2}\%$) während des Uebergangs von der tönenden zur nicht tönenden Exspiration verloren geht.

c) Tönende, durch unwillkührliche Glottisschliessungen getheilte Exspiration: das Lachen. Der Mechanismus dieses Exspirationsphänomens ist bereits unter der Physiologie des Zwerchfells im Allgemeinen angegeben worden. Das, was das Lachen charakterisirt und namentlich vom Husten unterscheidet, ist der phonische Glottisschluss und die gleichförmige, von keinem materiellen Reiz abhängige, rhythmische Theilung des Exspirationsstromes, so wie das Fehlen des phonischen Rückschlages nach jedem Exspirationsstosse. Das niedergedrängte Zwerchfell hebt sich ohne irgend ein merkliches phonisches Phänomen bei erweiterter Glottis wieder in die Höhe, um im nächsten Moment durch eine von neuer Kontraktion der Bauchmuskeln sowohl als der Kehlkopfmuskeln bewirkte Luftkompression niedergebeugt zu werden. Beim Husten dagegen wird die Glottis erst nach jedem Exspirationsstosse auf einen Moment geschlossen, was beim Lachen nicht stattfindet, wo sich im Gegentheil nach jeder einzelnen Lache die Glottis in die Lage begiebt, die sie bei der Pronunciation des H hat. Ueber die Lachtöne und die Vokale, welche dabei pronuncirt werden, wollen wir später, wenn von Letztern speciell die Rede sein wird, noch Einiges nachtragen.

4) Exspiration mit offenstehender Glottis, aber Verengung des Ansatzrohres. Diese Exspirationsweise findet bei der Pronuncirung der Rauschlaute (Consonantes strepentes) statt, über welche speciell in der letzten Abtheilung dieses Werkes die Rede sein wird. Das Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans kann an mehrern Stellen verengt und der Exspirationsstrom dadurch verlangsamt werden. Ein Beispiel möge hier genügen. Beim Jot oder dem weichen G wird die Zunge soweit gegen den harten Gaumen gehoben, dass die Luft nur mit einem Geräusche entweichen kann. Die Glottis steht dabei weit offen, damit die zu exspirirende Luft ungehindert zur Bildung des eigenthümlichen Geräusches verwendet werden kann, was eben jenen Sprachlaut darstellt. Dabei ist das Zwerchfell unthätig, nur wenn der beabsichtigte Konsonant scharf betont wird, z. B. ich, so wird die Luft im Thorax soweit komprimirt, dass bei deren Entweichung ein mässiger Druck auch gegen das Zwerchfell gerichtet wird, das dadurch etwas herabgetrieben werden muss. Die Bauchmuskeln dagegen kontrahiren sich, wie gewöhnlich, wenn die Exspiration irgendwo verzögert wird.

5) Exspiration mit phonischer Verengung der Glottis und

nicht phonischer Verengung oder theilweiser Abschliessung des Ansatzrohrs. Dieser Mechanismus beabsichtigt die Bildung der sogenannten Halbvokale oder Consonantes liquidae, welche Artikulationen (d. h. Verengungen des Ansatzrohres) erst dadurch zu Sprachlauten werden, dass die phonische Glottisverengung dazu tritt. Unterbleibt Letztere, wie beim Leisesprechen oder Flüstern, so bleibt die beabsichtigte Artikulation stumm; nur das R ist auch ohne die tönende Glottisverengung etwas hörbar. Die Exspiration geht hier ohne sonderliche Kompression der Lungenluft vor sich, obwohl man eine solche willkührlich dabei anbringen kann: doch wird beim gewöhnlichen Sprechen kein Gebrauch davon gemacht.

6) Exspiration nach vorherigem momentanen Schluss der Glottis und der einen Abtheilung des Ansatzrohrs. Dieser Mechanismus findet bei der Bildung der Explosiv-Laute statt, wie in der letzten Abtheilung genauer nachgewiesen werden soll. Hier wollen wir nur die Funktionen der Luft-gebenden und treibenden Organe etwas näher in's Auge fassen, da auf dieselben sehr viel ankommt.

Von allen sprachlichen Artikulationen sind die der Explosiv-Laute (k, t, p mit ihren Modifikationen) die komplicirtesten. Es findet dabei eine doppelte Absperrung oder Hemmung des Luftstromes statt, Schluss der Glottis und Versperrung des Ansatzrohrs an einer gewissen Stelle. Dieser doppelte Schluss muss plötzlich aufgehoben und, wenn ein Vokal auf den Explosiv-Konsonanten folgen soll, die tönende Exspiration unmittelbar daran gefügt werden; die Exspirationsmuskelthätigkeit muss hier die Luft so weit komprimiren, dass sie mit gehöriger Kraft gegen die geschlossene Glottis drückt und die Schliessmuskeln derselben zum Nachgeben nöthigt; ausserdem muss gleichzeitig die zwischen Kehlkopf und der Artikulationsstelle befindliche Luft eine hinreichende Spannung erhalten, um die Muskeln, welche die Artikulation oder Sperrung des Ansatzrohrs bewirken, gleichfalls ohne Aufenthalt lösen zu können. Alles dies ist nur möglich, wenn die vorgängige Inspiration eine hinreichend ausgiebige war, und wenn die Hebung und Erweiterung des Thorax so lange mittels andauernder Kontraction der betreffenden Muskeln hingehalten wird, bis die beabsichtigte Artikulation erfolgt ist. Alle andern sprachlichen Artikulationen sind ohne diese Fixirung des Thorax, also bei freiwillig kollabirendem Thorax, bei geringer Lufttension möglich, nur nicht die Explosivlaute, wenigstens sobald diese mit gehörigem Nachdruck, auf grössere Weiten verständlich, pronuncirt werden sollen. Es handelt sich hier am Ende nicht um gewaltsame Muskelanstrengung, wie sie eine „Explosion“ beanspruchen dürfte, sondern nur darum, die sphinkterische Kontraktion der Muskeln, welche das Ansatzrohr sperren, ohne irgend ein stummes Zwischenmoment sofort in die phonische, vokale Exspiration überzuführen, was nicht anders geschehen kann, als wenn die Energie der den Thorax komprimirenden Muskeln das Uebergewicht über die der das Ansatzrohr schliessenden Muskeln erhalten. Ist dieses Verhältniss gestört, so fahren letztere Muskeln, weil der gehörige Antagonismus fehlt, sich zu kontrahiren fort, ohne dass die sogenannte Explosion erfolgt, und es tritt der Sprachfehler ein, der das Stottern darstellt. Stotternde Individuen sprechen für gewöhnlich, mögen es Männer oder Frauen sein, mit zu wenig gespannten Stimmbändern. Sie haben von Kindheit an nicht den vollen Gebrauch von ihren Exspirationsorganen zu machen gelernt.

Sie können wohl, wenn eine specielle Aufforderung ihnen den Gebrauch der Kompressionsmittel der Luft vorschreibt, ohne Anstoss die Explosivae erzeugen, sie können singen, mit Pathos deklamiren, eine fremde Rolle spielen, aber das gewöhnliche Sprechen im täglichen Umgange, wo sie sich gehen lassen zu müssen glauben, ist mangelhaft, durch die bei den Versuchen, die Explosivae zu pronunciren, eintretenden Stockungen fortwährend unterbrochen und dadurch sich selbst, sowie dem Zuhörer, grosse Angst und Verlegenheiten bereitend. Wir kommen bei der Physiologie der Sprache auf diesen und damit verwandte Sprachfehler zurück.

II. STIMM- UND SPRACHORGAN.

Das menschliche Stimm- und Sprachorgan zerfällt, wie jedes andere Tonwerkzeug, das mit demselben verglichen werden kann, in das Windrohr, in das Mundstück oder eigentliche Tonorgan, und in das Ansatzrohr. Das Windrohr stellt die Luftröhre mit ihren Aesten, das Mundstück der Kehlkopf, und das Ansatzrohr, das den im Kehlkopf erzeugten Ton weiter modificirt und fortführt, und zugleich die wichtigsten Sprachorgane enthält, der Schlundkopf, die Rachenenge, die Mundhöhle mit allen ihren Organen, und die Nasenhöhle mit ihren Nebenhöhlen dar. Alle diese Organe hier ausführlich zu beschreiben, wäre, da wir mehrere treffliche Werke darüber besitzen, überflüssig; nur das eigentliche Stimm- und Sprachorgan, den Kehlkopf nebst den wichtigsten Theilen des Ansatzrohrs, werde ich, so weit es unser Zweck erfordert, genau nach meinen eigenen Untersuchungen beschreiben und abbilden, hinsichtlich der andern Organe dagegen nur das wesentlich Phonische zu veranschaulichen suchen, im Uebrigen aber auf gute bereits vorhandene Beschreibungen und Darstellungen verweisen.

Das Windrohr: die Luftröhre mit ihren Aesten. (Fig. 23.)

Die Luftröhre, als Windrohr des menschlichen Stimmorgans betrachtet, setzt sich aus den unzähligen, in immer dickere und wenigere Zweige (Fig. 23. *A. 6*) zusammenfliessenden Ausführungsgängen der Lungenzellen, als der wichtigsten Luftbehälter, zusammen, und bildet sich zunächst aus den beiden Bronchen oder Luftgängen der Lungen (*A. 5*), von den der rechte 11—15‴ lang und 7—8‴ dick, der linke 18—21‴ lang und 6—7‴ dick ist.

Die Luftröhre ist durchschnittlich 4 Zoll lang, 8—12‴ breit und 7—9‴ tief (*c*), hat also durchschnittlich einen Durchmesser von derselben Länge, wie die Stimmritze, so wie etwa dieselbe Länge, wie das Ansatzrohr (von der Glottis bis zum Dach des Pharynx gerechnet). Sie liegt vorn am Halse und am obern Theile des Thorax, fängt mit ihrem obersten Ringe dem 6. Halswirbel gegenüber an, und läuft in der Mittellinie des Halses und der Halswirbel in die Brusthöhle bis zur Höhe des 3. Rückenwirbels herab. Demnach ist nur ihre obere Hälfte und auch diese nur an der Vorderseite den äussern Eindrücken zugänglich, während die untere Hälfte durch das Brustbein eine starke Schutzwehr hat, und überhaupt von voluminösern Organen umgeben ist, als die obere. Hinter ihr liegt die weiche, für gewöhnlich zusammengefallene Speiseröhre, die ein geeignetes Dämpfungs- oder Isolirungsmittel gegen die sonst stattfindenden Mitschwingungen der Wirbelbelkörper abgiebt, zu beiden Seiten liegen die grossen Blutgefässe des Kopfes, und in der Brusthöhle rechts neben ihr die obere Hohlader; oben wird sie zu $^3/_4$ ihres Umfangs von der Schilddrüse umfasst (Fig. 23. *A. 8*).

Die Luftröhre und ihre Verzweigung bildet einen häutigen, durch reifartige Knorpelringe (*B. 1*) stets offenstehenden, elastischen, sowohl der Länge als der Weite nach ausdehnbaren und retraktilen Kanal. Zunächst wird dieser Kanal

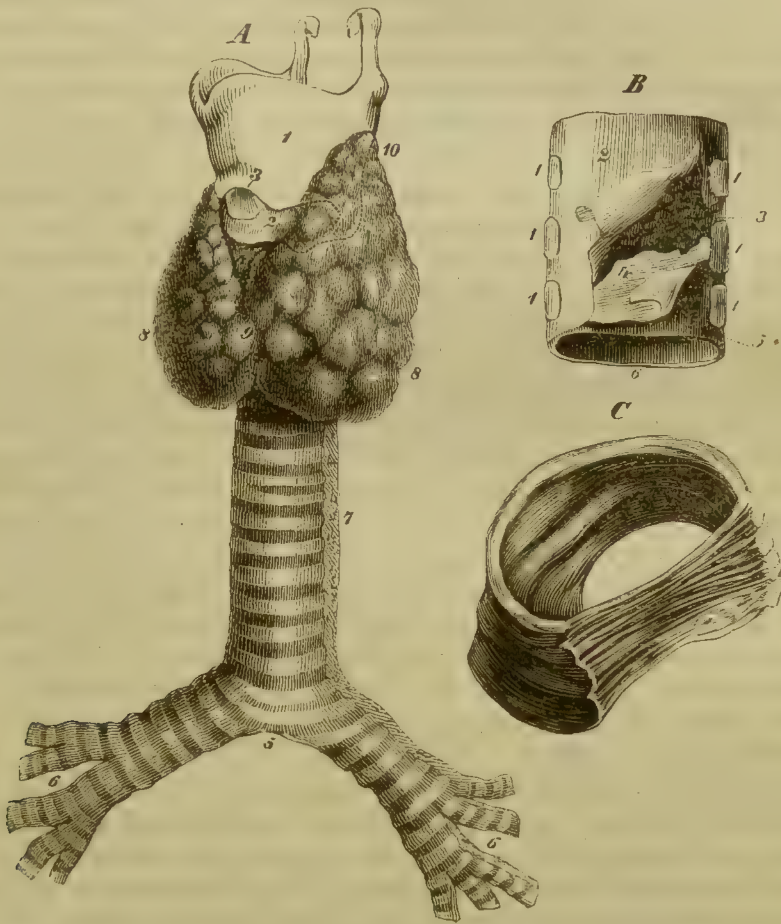


Fig. 23.

mit seinen Verzweigungen von einer Schleimhaut (*C*) gebildet, die in der Luftröhre sich ziemlich so verhält, wie im Kehlkopf, von dessen innerer Bekleidung sie eine Fortsetzung ist, während sie in den Bronchien mit Abnahme des Kalibers immer dünner wird. Zu Anfange ist sie etwa $^{1}/_{15}'''$, in den Lungenzellen nur noch $^{1}/_{150}'''$ dick. Allenthalben ist sie mit einem sogenannten Flimmerepithelium bedeckt, dessen Wimpern durch ihre Bewegung den von den Drüsen der Schleimhaut abgesonderten Schleim nach oben zu bewegen und dem Kehlkopf zuzuführen scheinen. Das eigentliche Schleimhautgewebe wird von den unzähligen Ausführungsgängen dieser hinter der Schleimhaut liegenden Drüsen (*B. 3*) durchbort, welche etwa hirsekorngross sind und zumeist an der Stelle der Bandringe liegen. Unmittelbar über der Schleimhaut liegen die elastischen Längenfasern (*B. 5*) der Luftröhre, welche eine vollständige, um die Röhre herumgehende Schicht bilden, hier und da aber von den Ausführungsgängen der grössern, hinter der Muskelschicht liegenden Schleimdrüsen durchbohrt werden und sich an diesen Stellen in Bündel zusammendrängen. Vermöge dieser elastischen Schicht erhält die Luftröhre die Eigenschaft, sich bei gegebener Veranlassung zu verlängern und dann

wieder selbstständig sich auf die vorige Länge zu verkürzen. Doch darf diese Verlängerung noch nicht $^1/_6$ der Länge der Luftröhre betragen, soll dieselbe ihre Elasticität ungeschmälert behalten *). Diese beiden Häute, die Schleimhaut und die elastische Haut, bilden den eigentlichen Körper oder das Continuum der Luftröhre. Allein es würde dieser Kanal bei jeder Einathmung zusammenfallen, wie die Speiseröhre, und daher bald Erstickungsgefahr eintreten, wenn er nicht durch eine Anzahl Knorpelreifen oder unvollständiger Cförmiger Ringe aus Knorpelgewebe gesteift wäre und so fortwährend offen gehalten würde. Diese Reifen, an der Luftröhre gewöhnlich 16, selten mehr (bis 20), sind etwa 2''' hoch und $^1/_2$''' dick, umschliessen (C) die Luftröhre bei der Inspiration zu $^2/_3$, bei der Exspiration zu $^3/_4$ ihres Umkreises, **) und sind äusserlich mit einer festen Knorpelhaut und einem Bandgewebe umgeben, das sich auch in den Zwischenräumen derselben an der ganzen Oberfläche der Luftröhre fortsetzt, und überhaupt den ganzen Kanal überzieht. An der von den Knorpelreifen freigelassenen Hinterwand liegt zwischen diesem Bandgewebe und der elastischen Haut noch eine Schicht querer Muskelfasern (C), welche sich besonders an die innere Fläche der Knorpelenden inseriren und so das Lumen der Luftröhre verengen können, was bei der Exspiration der Fall ist. Ueber diesen queren liegen noch perpendikuläre Muskelfasern (*B 2*), welche die Luftröhre etwas zu verkürzen vermögen. Wegen des Mangels an Knorpeln ist dieser hintere Theil oder die hintere Wand der Luftröhre platt (C) und wird dadurch geschickt, sich der dahinter liegenden Speiseröhre bequemer und inniger anzuheften, als sonst möglich gewesen wäre. Die Verzweigungen der Luftröhre, wenigstens die grössern (*A 6*) haben im Allgemeinen dieselbe Struktur, wie die Luftröhre selbst. — Der oberste Knorpelreif der Luftröhre ist etwas, zuweilen um vieles breiter, als die übrigen (Fig. 23. *A. 4.* Fig. 24. *A. 10*), und durch einen stärkeren Bandring, das Ringknorpel-Luftröhrenband (Ligamentum crico-tracheale) mit dem Kehlkopf, zunächst mit dem Ringknorpel desselben, verbunden. Zuweilen ist der oberste mit dem darauf folgenden bis auf einen kurzen Spalt verwachsen. — Der Durchmesser der Luftröhre eines erwachsenen Mannes betrug über dem obersten Ringe $10^1/_2$''', die Länge oder der Umkreis des 1. Luftröhrenreifs 1'' $10^1/_2$'''. Bei einer erwachsenen Frau maass der von vorn nach hinten geführte Durchmesser $6^1/_2$''', bei einem einjährigen Kinde 3'''. Bei einem Tenorsänger fand ich das Lumen der Luftröhre (am obersten Ringe) von vorn nach hinten $8^1/_3$''', seitlich 9'''. Demnach scheint die Luftröhre des ersterwähnten Individuums einem Bassisten angehört zu haben.

Von den gewöhnlichen künstlichen Windrohren unterscheidet sich also die Luftröhre zunächst durch ihre Elasticität, welche ihr eine abwechselnde Verlängerung und Verkürzung sowie An- und Abspannung ihrer Wandung gestattet, ferner durch ihre Fähigkeit, ihr Lumen mittels ihrer Muskelfasern nach Befinden zu verändern, sowie auch durch ihre fortwährende Anfeuchtung mit Schleim und wässeriger Feuchtigkeit. In akustischer Hinsicht sind alle diese Eigenschaften von erheblichem Einfluss, wie wir später genauer einsehen werden. Vorläufig bemerke ich nur, dass die Raumverän-

*) Harless Art. Stimme in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. IV. S. 524.

**) Nach Harless (a. a. O. S. 523) klaffen diese Reife durchschnittlich etwa $5^1/_2$''' weit. bei der in die Länge ausgedehnten Luftröhre nur etwa $4^1/_2$'''.

derungen der Luftröhre zwar keinen erheblichen Einfluss auf die Tonabstufungen haben, indem, was durch die Verlängerung des Ansatzrohrs für Vertiefung des Tones gewonnen wird, durch entsprechende Verkürzung des Ansatzrohrs, so wie durch gleichzeitige Spannung der Wände wieder verloren geht und umgekehrt, dass aber manche Töne in der Glottis erst durch das Vorhandensein der Luftröhre als Windrohrs ermöglicht werden, die sonst gar nicht zu erzeugen wären, und dass die Luftröhre sammt ihren Verzweigungen das wichtigste Resonanzorgan für die im Kehlkopf gebildeten Töne abgiebt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in der Luftröhre bewegt wird, hängt nach Harless (a. a. O. S. 539 ff.) vom Durchmesser derselben und dem der Stimmritze, von der Luftmasse und der Pression auf dieselbe ab. Eine Erweiterung des Luftröhrendurchmessers findet in wahrnehmbarer Weise nicht statt, dieselbe könnte übrigens auch nur am Halsstück derselben eintreten. Eine Verlängerung dagegen, an der Leiche bis zu $1/3$ der Länge derselben möglich, findet im Leben allerdings statt, was auch Liscovius, der das Auf- und Absteigen des Kehlkopfs von den Bewegungen des Zwerchfells abhängig macht, einwenden mag. Harless hat durch Vivisektionen (die jedoch zur Erledigung dieser Frage gar nicht nöthig waren) gezeigt, dass die Erhebung des Zwerchfells den Kehlkopf in die Höhe zu schieben nicht vermag, dass die obern Theile der Luftröhre bei Erhebung des Kehlkopfs mehr ausgedehnt werden, als die untern, dass diese Bewegungen mit den des Zwerchfells gar nicht zusammenfallen u. s. w. Die durch Spannung der Luftröhre erzeugte Verlängerung derselben vertieft nach Harless den Ton der Stimmbänder höchstens um so viel, als die blosse Verlängerung ohne Spannung thun würde, doch ist die Differenz zu klein, als dass sie in Anschlag kommen könnte. Da aber der Ton der Luftröhre immer etwas tiefer liegt. als der einer gleichlangen Holzröhre, so müssen auch die tiefen Töne der Stimme eine kräftigere Resonanz in der Luftröhre finden, als die hohen, was auch die Erfahrung bestätigt.

Das Mundstück: der Kehlkopf. (Fig. 24).

Oben auf der Luftröhre sitzt der Kehlkopf oder Luftröhrenkopf, das Mundstück oder der Behälter des eigentlich tonerzeugenden Elements des menschlichen Stimmorgans, so ziemlich in der Mitte desselben, d. h. in der Mitte zwischen dem unteren Ende des Wind- und oberen Ende des Ansatzrohrs. Der Kehlkopf ist eine fünfseitige, aus unter einander beweglichen Knorpelplatten und Knorpelstücken gebildete und mit muskulösen und ligamentösen Theilen zum Theil ausgefüllte, innen mit einer elastischen und mukösen Haut überzogene Kapsel, ist am Halse gleich unter dem Zungenbein als oberes Ende der Luftröhre zu fühlen, und hängt hinten mit dem Schlundkopf zusammen.

Obwohl die im Innern des Kehlkopfs ausgespannten elastischen Bänder den wichtigsten Theil und gleichsam die Seele dieses Organs darstellen, mit deren Beschreibung wir billig den Anfang machen sollten, da alle übrigen Theile nur ihretwillen da sind, so wird doch die Beschreibung des Kehlkopfs anschaulicher und fasslicher, wenn wir zuerst das Knorpelgerüst mit seinen Bändern, dann erst das elastische Gewebe mit seinen ligamentartigen Vorsprüngen (den Stimmbändern) beschreiben, und darauf die Muskeln, als die bewegenden Organe dieser Theile folgen lassen. Die Schleimhaut, die Gefässe und Nerven, so wie einige Bemerkungen über die physikalen Eigenschaften und über die Entwickelung des Kehlkopfs sollen den Beschluss machen.

A. Kehlkopfknorpel und deren Bänder, nebst dem Zungenbein.

Der Knorpel des Kehlkopfs sind ihrer neun, deren 5 grössere, wichtigere, und 4 kleinere, weniger wesentliche. Ferner sind von ihnen 3, nämlich der Ringknorpel, Schildknorpel und Kehldeckel nur einmal, die übri-

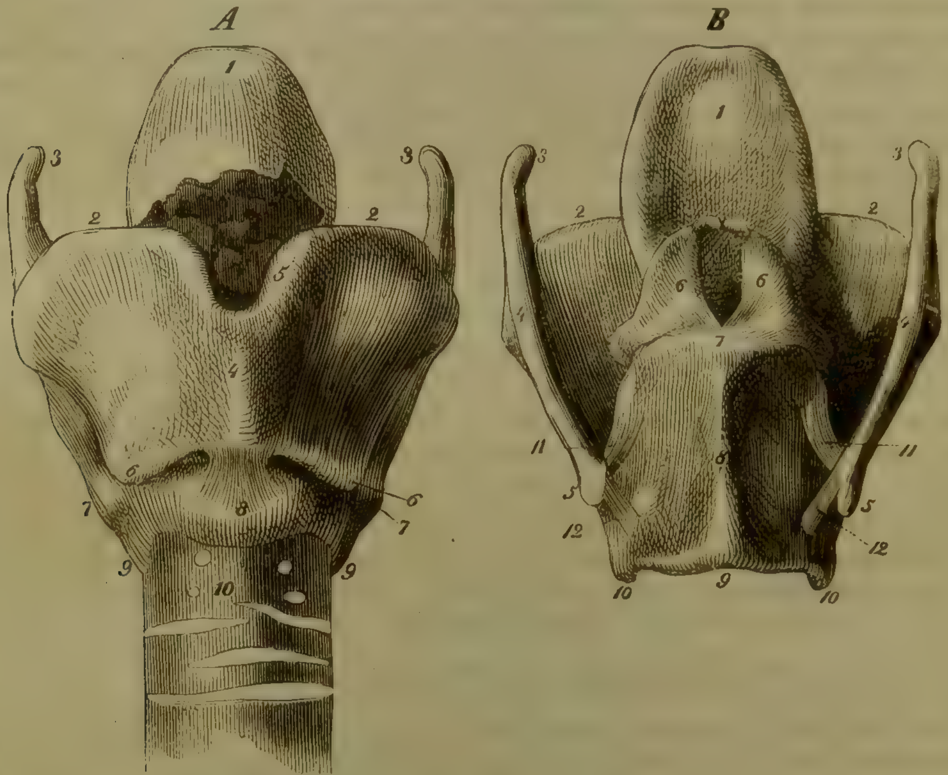


Fig. 24.

gen (Giesskannen-, Santorini'schen und Wrisberg'schen Knorpel) doppelt vorhanden; endlich sind nur 4 derselben, der Ring-, Schild- und die Giesskannenknorpel aus gewöhnlicher Knorpelmasse gebildet, und der Verknöcherung fähig, während die übrigen, die zugleich auch weniger mit der Phonation zu thun haben, zu den Netzknorpeln gehören und als solche das ganze Leben hindurch verbleiben. Die Wrisberg'schen Knorpel werden wir übrigens nicht hier, sondern im nächsten Abschnitte beschreiben. Die zweiseitige Vorderwand des Kehlkopfs (Fig. 24. *A*) wird fast ganz von dem Schildknorpel, die Hinterwand und Basis (*B*) vom Ringknorpel gebildet, auf welcher die etwas nach vorn gekehrten Giesskannenknorpel mit ihren aus den Santorini'schen Knorpeln gebildeten Spitzen (*B*. *6*) aufsitzen. Zwischen den nach Innen gekehrten Fortsätzen der Giesskannenknorpel und dem Winkel des Schildknorpels sind die Stimmbänder ausgespannt.

1) Der Ringknorpel, Cartilago cricoidea. (Fig. 25.).

Mit diesem Knorpel machen wir billig den Anfang, da er die Basis, den festesten Theil des ganzen Kehlkopfs bildet, auf welchem alle übrigen Knorpel sich stützen, indem er sowohl dem Schildknorpel (nebst Kehldeckel), als auch den für die Phonation so wichtigen Giesskannenknorpeln eine

Grundlage bietet, die wir wenigstens in Bezug auf die übrigen Organe des Kehlkopfs als unbeweglich betrachten können.

Der Ringknorpel bildet gleichsam den obersten Ring der Luftröhre, das heisst, er sitzt derselben auf und bringt sie eigentlich erst zum Abschluss, indem er durch ein ziemlich starkes elastisches Band (Ligamentum crico-tracheale) mit dem obersten Luftröhrenreif und der muskulösen Hinterwand der Luftröhre verbunden ist. Er hat die Form eines Siegelrings oder besser eines schief geführten Cylindersegments (Fig. *B*), nur erscheint dasselbe, von unten betrachtet (*D*), nicht völlig kreisförmig, sondern etwas oval oder elliptisch, und zwar so, dass der längere Durchmesser von vorn nach hinten, der kürzere von einer Seite zur andern geht. Dabei (*D*) ist zu bemerken, dass die äussere Peripherie dem Lumen nicht genau entspricht, indem erstere hier und da Vorsprünge zeigt, die auf der Innenwand fehlen. Der Ringknorpel erscheint von vorn (*A*) bogenförmig, von der Seite (*B*) einem rechtwinklichen Dreieck ähnlich, und von hinten (*C*) trapezförmig. Demnach lässt sich derselbe in 4 Abtheilungen beschreiben, dem Bogen (*A. B. D. 1*) oder der vordern Abtheilung, den beiden dreieckigen Seitenwänden (auf Fig. *B* durch die Linien *5 — 1 — 11 — 5* begrenzt), und der hintern Wand (Lamina cricoideae). Theilen wir die ganze Peripherie der Basis des Ringknorpels (*D*) in 13 Theile, so kommen davon ungefähr auf die Hinterwand vier, und auf jede übrige Abtheilung (*1. 2. 3*) drei solcher Theile.

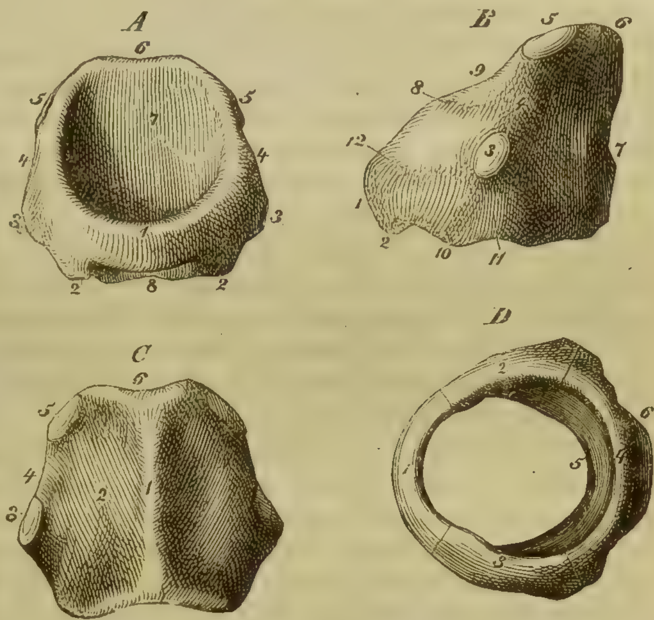


Fig. 25.

Bevor wir zur Beschreibung dieser einzelnen Abtheilungen übergehen, betrachten wir, um erst einen Ueberblick zu bekommen, den untern und obern Rand des ganzen Knorpels. Der untere Rand verläuft im Allgemeinen gerade und entspricht so ziemlich dem obern Rande des 1. Luftröhrenreifs. Doch ist er vorn etwas gewölbt, bildet dann an den Seiten (*B* zwischen 2 und *10*) zwei Buchten, von welchen zuweilen wenigstens die eine (gewöhnlich die linke) in einen stumpfzahnförmigen Fortsatz (*A. 2. B. 10.* Fig. 24. *B. 10*) ausläuft, der sich zum ersten Luftröhrenringe begiebt, oder (nach Huschke) sich zur Bildung der zwei ersten Luftröhrenringe theilt. Dieser Fortsatz geht entweder vor (Fig. 25. *A. B. C. 3*) oder (wohl seltener) hinter (Fig. 24. *B. 10*) der seitlichen Gelenkfläche ab, und verschmilzt zuweilen gänzlich mit dem hinteren Ende des ersten Luftröhrenringes. Von diesem Fortsatz an wird der untere Rand wieder etwas konkav (Fig. 25. *B* bei *11*), bis zum Anfang der Lamina cricoideae, welcher oft

durch eine Winkelbiegung (auf Fig. *D* zu bemerken) von etwa 120° bezeichnet ist. An dieser Hinterwand des Ringknorpels ist der untere Rand ziemlich geradlinigt (Fig. 24. *B. 9*), zuweilen etwas konkav (Fig. 25. *C*). Der obere Rand ist vorn am Bogen etwas vertieft, dem untern so ziemlich parallel (*A. 1*) beginnt dann der ersten untern Bucht oder dem Fortsatz gegenüber aufwärts zu steigen (*B. 1—5*), etwa mit einer Neigung von 45 bis 50° bis zur Höhe der Lamina cricoideae, auf welchem Wege er jedoch auch zwei durch einen seichten Vorsprung geschiedene, weniger tiefe, auf denen des untern Rands ziemlich senkrecht stehende Buchten bildet. Der obere Rand der Lamina endlich ist auch in der Mitte etwas eingedrückt (*C. 5*). Der untere Rand der Seitenplatte bildet zur Hinterwand des Ringknorpels einen Winkel von 90 bis 100°.

Der Bogen des Ringknorpels ist, wenn wir die Peripherie des ganzen Knorpels eines erwachsenen Mannes zu 32‴ annehmen, etwa 7‴ lang, 2½ bis (an den Uebergangsstellen zu den Seitenwänden) 3‴ hoch, und 1 bis 1⅓‴ dick. Der obere Rand ist, wie schon erwähnt, konkav, der untere konvex; ersterer ist abgerundet, letzterer von innen etwas ausgeschärft, damit er sich über den ersten Luftröhrenweg ein Stück legen kann, wenn der Kehlkopf sehr (behufs der tiefsten Töne) herabgezogen wird. Wo diese Ausschärfung sehr markirt ist, steht die basische Linie des Ringknorpels zur Richtung der Lamina in einem Winkel von wenigstens 100°, so dass allerdings zuweilen der untere Rand des Bogens des Ringknorpels tiefer zu stehen kommen muss, als der untere Rand der Lamina. Der Bogen des Ringknorpels liegt fast ganz frei und nur von der Fasia communis bedeckt, nur kurz bevor er in die Seitenwände übergeht, liegen Fasern des M. cricothyreoideus auf ihm. Vom obern Rande entspringt das (später zu beschreibende) Ligamentum crico-thyreoideum s. conicum, das den Ringknorpel mit dem Schildknorpel verbindet (Fig. 24. *A 8*.).

Die Seitenwände des Ringknorpels (Fig. 22. *b*.) bieten schon mehr Merkwürdiges. Bei jungen Individuen und Weibern ist zwar die Aussenfläche dieses Knorpeltheils ziemlich eben, aber an Kehlköpfen erwachsener Männer, namentlich wenn sie verknöchert sind, treten mehrere Stellen mehr oder weniger hervor, die wir schon ihrer anatomischen Funktionen wegen anführen müssen. Die Gestalt jeder Seitenwand des Ringknorpels ist, wenn wir den vordern Anfang derselben, oder die Linie, die wir uns zwischen Bogen und Seitenwand gezogen denken, ungemessen lassen, die eines fast rechtwinklichen Dreiecks (*B*), dessen grösster Winkel nach hinten und unten sieht, während von den andern der eine nach vorn, der andere nach oben gekehrt ist. In Wirklichkeit hat aber diese Seitenwand die Gestalt eines ungleichseitigen Vierecks, wie wohl nicht weiter demonstrirt zu werden braucht. Der obere und untere Rand ist uns bereits bekannt. Der hintere geht vom vordern und untern Ende der Gelenkfläche (*B 5*.) für den Giesskannenknorpel senkrecht herab bis zum hintern Ende der 2. Bucht des untern Randes des ganzen Knorpels, in einer Linie, welche etwas hinter den Gelenkvorsprung für das Schildknorpelhorn (*B. C. 5*.) zu ziehen ist. Die ganze Seitenwand des Ringknorpels ist ziemlich platt, nur wenig, und zwar doppelt, gekrümmt, so dass der mittlere Theil im Allgemeinen etwas über die übrigen Theile hervorragt. Ausserdem tritt der obere Theil überhaupt, besonders aber der oberste und unterste Theil des hintersten, nach der Lamina zugekehrten Abschnitts zurück; am meisten hervorragt die Gelenkfläche

(Gelenkhügel) für die Insertion des untern Horns des Schildknorpels (5). Diese Stelle liegt nach hinten und unten, etwa 2 — 3‴ vom untern Rand entfernt, an sehr muskulösen und theilweise verknöcherten Kehlköpfen auf einem Knochenhügel, dessen Gipfel eben jene Gelenkfläche bildet, welche entweder genau nach aussen oder sogar ein wenig nach hinten (*C. D*) sieht, und ein Oval bildet, dessen langer etwa $1\frac{1}{2}$‴ betragender Durchmesser der Hinterwand des Ringknorpels parallel geht. An dieser Stelle (*D* zwischen *2: 4* u. *5: 4*) hat der Ringknorpel seine grösste Dicke, nämlich bei Weibern 2 — $2\frac{3}{4}$‴, bei Männern 3 — $3\frac{3}{4}$‴. Von diesem Vorsprunge geht (*4*) eine ziemlich markirte Crista nach oben und etwas nach hinten, nach dem vordern und untern Segment der Articulatio crico-arytaenoideae hin. Hinter dieser Linie macht der Knorpel eine scharfe Biegung, um die Hinterplatte zu bilden. Auf halbem Wege giebt diese Crista eine weniger erhabene Nebenlinie nach vorn und etwas nach unten ab (*B. 8.*), die im obern Rande dieses Knorpeltheils, etwa in dessen Mitte endigt. Auf der von diesen beiden Linien begrenzten etwas nach einwärts zugeschärften Fläche (*B. 9*) liegt der Musculus crico-arytaenoideus lateralis. Unter dem Gelenkhügel setzt sich die erwähnte Crista ein wenig vorwärts sich kehrend bis zum untern Rand fort, wo sie etwas hinter dem oben erwähnten Zahnfortsatz aufhört. Diese Linie bildet die Grenze zwischen Musc. crico-thyreoideus und Crico-pharyngeus. Hinter dieser Linie ist der Ringknorpel nicht in einem so scharfen oder rechten Winkel geknickt, wie hinter der obern, sondern der Knorpel ist hier (*B. 11*) etwas abgestumpft, so dass der Uebergang des seitlichen Theils des untern Randes in den hintern nicht in einer so scharfen Brechung geschieht, als die der Seitenfläche in die hintere Fläche des Knorpels. Diese Abstumpfungsstelle hat so ziemlich die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks und wird von den Insertionen des Musc. crico-pharyngeus bedeckt. Endlich zieht sich vom Gelenkhügel noch eine ähnliche etwas erhabene Linie (*12*) parallel mit dem untern Rande des Knorpels nach vorn, welche die Gränze zwischen dem Ursprung der äussern und dem der innern Schicht des Musc. crico-thyreoideus bildet.

Die Hinterwand des Ringknorpels (Fig. 24. *B. 7 — 9.* Fig. 25. *C.*) Lamina cricoidea, wie sie etwas ungeschickt Tourtual*) nennt, besser Lamina cricoideae (sc. cartilaginis), ist der grösste und stärkste Theil dieses Knorpels, denn ihre Dicke beträgt durchschnittlich $2\frac{1}{8}$ (Weiber) bis 3‴ (Männer). Sie hat, wie die Figur zeigt, eine fast trapezförmige Gestalt, ist bei Kindern 5‴, bei Weibern 8—9‴, bei Männern 10—11‴ hoch, und hat (von der einen obern Gelenkfläche zur andern einschliesslich) eine Breite von etwa $\frac{3}{5}$ bis $\frac{3}{4}$ ihres Längenbetrags. Der untere Rand ist noch ein wenig länger als der obere. Diese Hinterwand besteht aus zwei einander gleichen ziemlich ebenen, höchstens ein wenig in die Länge vertieften Hälften, die in der Mitte in einem sehr stumpfen Winkel (*C. 1.* Fig. 24. *B. 8.*) zusammenstossen. Ausserdem ist die Fläche der ganzen Wand auch in der Regel von oben nach unten etwas gewölbt. Der obere Rand der Lamina cricoideae ist, wie schon erwähnt, in der Mitte etwas (etwa $\frac{1}{2}$‴ tief) eingedrückt, und dacht sich seitwärts bald ab. An dieser Deklivität liegt, ziemlich in gleichem Maasse schief nach oben, hinten und seitwärts sehend und etwas konvex ge-

*) Neue Untersuchungen über den Bau des menschlichen Schlund- und Kehlkopfes. Leipzig 1846. S. 92.

schliffen, die oblonge Gelenkfläche zur Aufnahme des Giesskannenknorpels (*B. C. 5.*). Die Neigung dieser Gelenkfläche zum Horizont ergiebt einen Winkel von etwa 30 bis 40° (nach Harless von 49°), der Längendurchmesser derselben beträgt etwa den vierten oder selbst dritten Theil der Höhe der ganzen Lamina. Die ganze Gelenkfläche (Gelenkwulst) hat nach Harless die Gestalt eines unten etwas vertieften und breiteren, oben gewölbteren und schmäleren Sattels. Die beiden Seitenhälften der Lamina werden zum grossen Theile vom Musc. crico-arytaenoideus posticus bedeckt.

Die innere Fläche des Ringknorpels ist ziemlich eben, doch an den Seitentheilen und am Bogen etwas von oben nach unten gewölbt, so dass die untere Apertur ein weiteres Lumen zeigt, als der Mittelraum, wozu besonders die schon angeführte Ausschärfung des untern Rands des Bogens beiträgt.

Der Ringknorpel hat im Allgemeinen die stärksten Wände von allen Kehlkopfknorpeln, und ist dadurch, sowie vermöge seiner senkrechten pfeilerartigen Stellung geeignet, die übrigen Knorpel zu tragen. Die Lamina hat die grösste Dicke, der Arcus die geringste. Doch ist die Dicke nicht allenthalben gleichförmig, da die äussere Fläche Ungleichheiten zeigt, denen die innere Fläche nicht entspricht. Bei Kindern und Weibern ist die Lamina cricoideae im Verhältniss zum Lumen des Knorpels weit höher, als bei Männern, daher erscheint auch ein weiblicher Ringknorpel im Ganzen höher, ein männlicher länger oder gestreckter. Ferner fand ich bei meinen Messungen an männlichen Kehlköpfen das merkwürdige Resultat, dass gerade Männer, welche eine hohe Stimmlage gehabt hatten, die höchsten Ringknorpel aufwiesen. So fand ich die Lamina cricoid. eines in den dreissiger Jahren h. s. nicht unberühmten Tenorsängers 12''' hoch, während ich an Bassisten dieselbe Höhe nie beobachten konnte.

4) Der Schildknorpel. (Fig. 24. *A. 2—6.* Fig. 26. *A – C.*)

Der Schildknorpel (Cartilago thyreoidea) ist der grösste und am Halse am deutlichsten sicht- und fühlbare Theil des Kehlkopfs. Er besteht aus 2 in Form einer spanischen Wand oder eines Ringkragens in der Mitte an einander gefügten seitlichen, ziemlich viereckigen Platten, einer rechten und linken (Lamina thyreoideae [sc. cartilaginis] dextra et sinistra), welche in der Medianlinie des Halses unter einem beim Weibe ziemlich rechten, beim Manne mehr spitzen Winkel zusammengefügt sind (Fig. 27. *d*), demnach hinten ziemlich weit von einander abstehen. Mit seinen untern Ecken (Hörnern) umfasst er die Seitenwände des Ringknorpels, an welchen er auch auf die sogleich zu beschreibende Weise befestigt ist. Nach hinten ragt er bis zur Fläche der Lamina cricoideae.

Jede Platte für sich betrachtet (Fig. 26. *B*) bildet ein irreguläres Viereck, von welchem jedoch in der Regel nur der hintere Rand so ziemlich geradlinigt ist, die 3 andern bilden Kurven. Der obere Rand (*c d a*) hat die Gestalt eines liegenden ∽, dessen vordere Spitze sich weit nach unten und innen zieht; der vordere Rand ist etwas ausgehöhlt, und bildet mit dem untern einen stumpfen Winkel (*B. f*). Der untere Rand (*f e b*) liegt ziemlich wagerecht; er bildet in seiner vordern Hälfte eine seichte, in der hintern eine tiefere Bucht, welche beide durch einen Vorsprung oder Fortsatz (wovon später) getrennt sind. Diese hintere Bucht wird besonders durch den entwickelteren Fortsatz bedingt, in welchen der hintere untere Winkel

der Lamina thyreoid. ausläuft (*b*), und welcher das kleine Horn des Schildknorpels genannt wird. Ebenso wird die hintere Krümmung des obern Randes durch einen noch längern Fortsatz (*a*), das grosse Horn

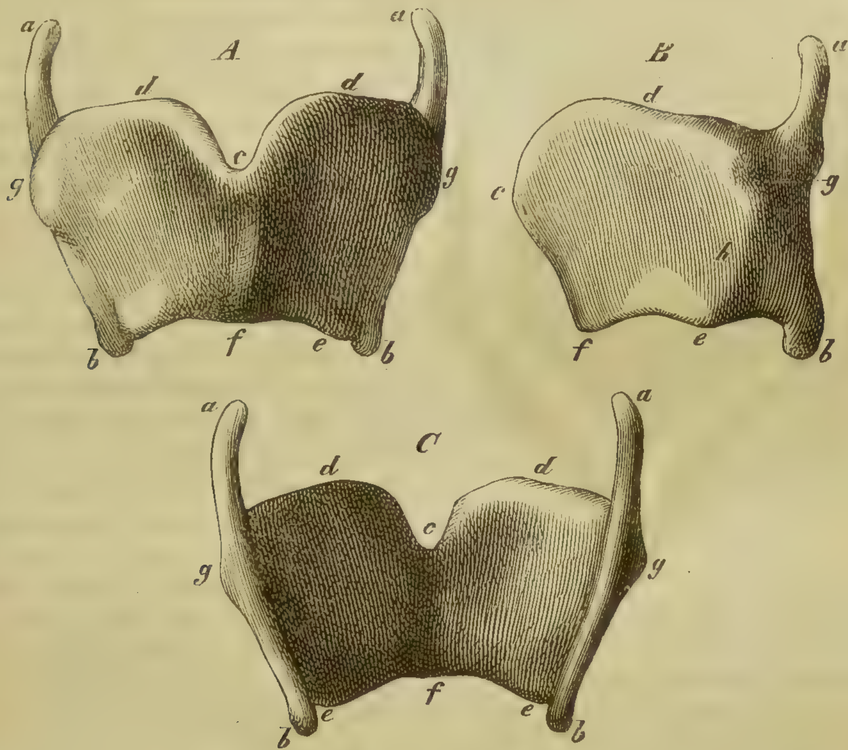


Fig. 26.

des Schildknorpels, bedingt, in welches sich der obere hintere Winkel der Platte auszieht. Der hintere, in diese beiden Hörner auslaufende Rand des Schildknorpels steht ziemlich senkrecht, ist in der Mitte sanft vertieft, nach den Hörnern zu dagegen etwas gewölbt. Jeder Schildknorpelflügel wird durch eine deutlich hervorspringende Linie oder Gräte (*h*), Linea s. crista obliqua in zwei ungleiche Theile getheilt, einen vordern und einen hintern. Der vordere grössere (*B. c. d. g. e. f.* Fig. 27. *c. d. e*) liegt so, dass er zur senkrechten Durchschnittsebene des Kehlkopfs einen nach hinten sich öffnenden Winkel von etwa 45° bildet, während der hintere kleinere Theil (*a. g. h. e. b.* Fig. 27. *b. c*) fast genau parallel zu dieser Durchschnittsebene liegt, also gerade seitwärts sieht. Diese Linea obliqua, deren Bedeutung später noch klarer werden wird, von oben und hinten nach unten und vorn in gerader Richtung laufend, wird von zwei Vorsprüngen (Protuberantiae) begrenzt, einem obern und einem untern, die je nach der oberen inserirten Muskulatur von verschiedener Entwickelung sind, aber immer, selbst am kindlichen Kehlkopf, deutlich wahrgenommen werden können. Der obere Vorsprung (Fig. 26. *g.* Fig. 27. *c*) ist der stärkere, ziemlich dreiseitig pyramidal, und wurde bisher von den Anatomen Tuberculum thyreoideae genannt. Der untere Vorsprung (*e*) setzt sich nach unten in den oben erwähnten Fortsatz des untern Randes der Schildknorpelplatte fort. Der ganze Schildknorpelflügel erscheint daher in der Richtung der Linea obliqua

gleichsam geknickt. Namentlich ist diese Richtungsverschiedenheit am obern Rande des Schildknorpels (Fig. 27) deutlich, wo sie gegen 40° beträgt, während sie am untern Rande sich mehr als eine mässige Kurve darstellt.

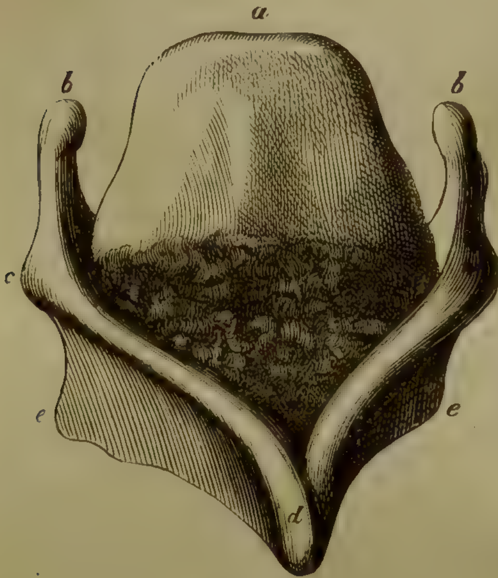


Fig. 27.

An sehr muskulösen Kehlköpfen erhebt sich sogar von der Crista obliqua eine Art Zwischenmuskelband (Ligamentum intermusculare, wird auf einer spätern Figur erscheinen), das zwischen beiden Knorpelvorsprüngen ausgespannt ist, mit seiner vordern Fläche einen stumpfen, mit der hintern einen spitzen Winkel zur Schildknorpelebene bildet, und in der Mitte etwa 1''' hoch ist. An der Vorderseite dieser Crista und Vorderfläche dieses Bandes setzt sich der Musc. hyo-thyreoideus, an der hintern Seite und Fläche derselben der M. Sterno-thyreoideus und Thyreo-pharyngeus an. Ausserdem bildet die Protuberantia s. processus inferior die äussere Grenze des zwischen Schild- und Ringknorpel bleibenden, vom Ligamentum conicum ausgefüllten Zwischenraums (Fig. 24. *A*), den wir kurzweg Fenestra laryngis nennen wollen. In dieser Ecke der Fenestra begiebt sich die Arteria et Vena laryngea inferior in das Innere des Kehlkopfs.

Das untere Horn der Schildknorpelplatte (Fig. 26. *b*) ist eine (beim erwachsenen Manne etwa 4''' lange) nach unten gerade oder etwas einwärts absteigende Verlängerung der untern hintern Ecke des Knorpels, ist etwas dicker und breiter, als das obere oder grosse Horn, und deshalb für den ganzen Kehlkopf von Wichtigkeit, weil es an der innern Fläche seiner untern Hälfte eine kleine mit Synovialhaut überzogene Gelenkfläche besitzt, welche sich auf den oben erwähnten Gelenkhügel des Ringknorpels legt, und so mittels eines weiter unten zu beschreibenden Kapselbandes beide Knorpel so mit einander verbindet, dass der Schildknorpel hebelartig auf diesem festen Unterstützungspunkte auf und nieder bewegt werden kann. — Das grosse Horn (*a*) sieht ziemlich gerade nach oben, doch auch etwas nach innen, zuweilen sogar zugleich nach hinten; es ist gewöhnlich walzen- oder spindelförmig, bei Erwachsenen gegen 8''' lang, und dient zum Ansatz eines kurzen elastischen Bandes, welches das Horn mit dem hintern Ende des Zungenbeins verbindet. S. hierüber das Nähere bei der Beschreibung dieses Bandes.

Betrachten wir nun den ganzen Schildknorpel oder die Vereinigung beider Schildknorpelplatten. Beide Platten sind unter einem Winkel mit einander verbunden, der, wenn man den Knorpel von oben betrachtet (Fig. 27), bei erwachsenen Männern 65 bis 90°, bei Weibern 100 bis 120° beträgt, bei kleinern Kindern jedoch nicht mehr gut gemessen werden kann, da hier der Winkel, in welchem die Vereinigung geschieht, sehr stumpf ist oder sich einem Kreisbogen nähert. An der untern Apertur des Schildknorpels

ist der Vereinigungswinkel weit grösser und stumpfer, als an der oberen. Die obern Ränder beider Flügel stehen nicht senkrecht über den untern, sondern etwas nach auswärts, eben so fällt, wie schon angedeutet, eine von der obern vordern Ecke des Schildknorpels gezogene Senkrechte bei erwachsenen Männern etwa 4''' vor die untere Ecke. So kommt es, dass der ganze Kehlkopf am Halse den Vorsprung bildet, welcher im gemeinen Leben Adamsapfel oder Adamskröbs genannt wird. — An diesem Adamskröbs erscheint an vielen (männlichen) Kehlköpfen die Zusammenfügung beider Schildknorpelplatten irregulär, indem (wie in Fig. 27) die eine Platte ein Stück über die andere vorgeschoben und in dieser Lage festgewachsen ist: eine Störung, die, wie wir später sehen werden, der Pubertätsentwickelung des Kehlkopfes angehört. — Ueber dieser Prominenz des Schildknorpels bleibt zwischen beiden, seitswärts ansteigenden Flügeln ein Raum oder ein Einschnitt (Excisura), von mehr oder weniger keilförmiger Gestalt (Fig. 26. c.), dessen Tiefe bei Männern 6 bis 7''' betragen kann. Beide Schildknorpelflügel sind gewöhnlich, wenigstens bei Männern, auf der Fläche ihrer vordern Abtheilung etwas nach innen gekrümmt, so dass dadurch die Excisur enger wird als sie sonst ausfallen würde. Zuweilen ist in einer oder beiden Platten des Schildknorpels nach oben und aussen ein rundes ½ bis 1''' weites Loch, das zum Durchgange eines Blutgefässes dient.

Betrachten wir endlich den Schildknorpel in seiner Verbindung mit dem Ringknorpel, so bemerken wir, dass nur die hintere Abtheilung jedes Schildknorpelflügels mit dem Seitentheile des Ringknorpels in Berührung kommt, während die vorderen Abtheilungen des Schildknorpels, der Bogen und die hintere Platte des Ringknorpels frei bleiben. Die Verlängerung der Linea obliqua des Schildknorpels nach unten fällt fast genau mit dem frei gebliebenen Theile des obern Rands des Ringknorpels zusammen. Der zwischen dem untern Rande der vordern Abtheilung des Schildknorpels und dem obern Rande des Ringknorpels liegende Raum, den wir bereits das Kehlkopffenster (Fenestra laryngis) zu nennen beliebten, ist eine maulförmige Oeffnung, die jedoch vom Ligam. conicum geschlossen ist, und ihr Lumen mit den Bewegungen des Schildknorpels verändert. Wir sehen jetzt auch ein, warum die Seitenwände des Ringknorpels oben etwas zurücktreten, nämlich, damit sie bei der Niederbewegung des Schildknorpels nicht einen Druck oder Reibung erleiden. Durch die erhabene Linie, welche die Seitenplatte des Ringknorpels auf ihrer Mitte zeigt, und welche nach vorn zu oft in eine Art Höcker endigt, sowie durch die untere Protuberanz des Schildknorpels, welcher auf der Hinterfläche eine Aushöhlung oder Ausweitung dieser Portion entspricht, werden der Hebelbewegung des Schildknorpels bestimmte Grenzen gesetzt.

Die innere Fläche des Schildknorpels ist, wenn sie aller daran sitzenden Weichtheile entkleidet ist, allenthalben glatt und eben, und liegt der äussern in ziemlich überall (die obere Protuberanz ausgenommen) gleichem Abstande gegenüber. Der durch Vereinigung beider Platten gebildete Winkel giebt Insertionsstellen für den Kehldeckel und die innern Kehlkopfbänder ab.

Ueber die Grössen- und Raumverhältnisse des Ring- und Schildknorpels, so wie der übrigen Theile des Kehlkopfes wird später eine Tafel das Nähere zur Uebersicht bringen.

Articulatio crico-thyreoidea. (Fig. 28.).

Die Gelenkverbindung der beiden so eben beschriebenen Knorpel mit einander liegt gerade unter dem Zusammenstoss des Musc. crico-arytaenoideus posticus (*m*) und des crico-aryt. lateralis (*n*) am hintern Fortsatz des Giesskannenknorpels (Fig. 29. *p*), auf einem Vorsprung d. Ringknorpels (s. d.). Sie wird durch ein Kapselligament (Fig. 24. *A*. 7.) gebildet, welches im Durchschnitt oval sich darstellt (Fig. 28. *A*. *a*.) und eine ziemlich freie Bewegung des kleinen Horns (*B*. *a*.) und somit des ganzen Schildknorpels auf dem Ringknorpel (*d*) zulässt.

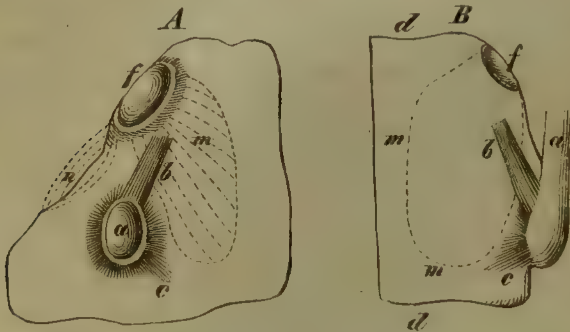


Fig. 28.

Diese Bewegung findet nicht bloss um eine durch die beiden untern Hörner des Schildknorpels gehende feststehende Axe statt, sondern es können dabei alle Punkte dieses Knorpels, z. B. des hintern Randes desselben in weiter nach vorn oder nach hinten gelegene Vertikalebenen fortrücken, welche sämmtlich diejenige rechtwinklig schneiden, in welcher die Queraxe des Kehlkopfes gelegen ist. Dies Fortrücken geschieht aber nach Harless nicht parallel der ursprünglichen Lage dieser Punkte, sondern mit einer gleichzeitig raschern Bewegung des oberen Punktes: diese selbst ist nach vorwärts etwa $1^1/_2$mal ausgiebiger, als nach rückwärts.*)

Vom obern Theile dieses Kapselbands geht ein ziemlich breites, starkes sehniges Band (*b*) nach oben und hinten bis ziemlich zum Limbus articulationis crico-arytaenoideae (*f*). Dieses Band, von welchem Harless nichts zu wissen scheint, das aber Sömmering (Fig. 24. 11.) bereits angedeutet hat, zeigt sich besonders an starken Kehlköpfen sehr entwickelt, ist aber kein selbstständiger Appendix, sondern mehr eine Verlängerung des obern Theils des Kapselbands, die jedoch nur an ihrer Basis zur Bildung der Gelenkfläche beiträgt. Es ist offenbar vorhanden, um eine zu starke Ablenkung des Flügels des Schildknorpels vom Ringknorpel und beziehendlich Zerreissung des Kapselbands und Luxation des Horns zu verhüten, und hat daher für diese Artikulation eine ähnliche Bedeutung, wie des Ligam. triquetrum zur Articulatio crico-arytaenoidea. Der Musc. crico-arytaenoideus posticus bedeckt dieses Band bis auf den untern Theil, welcher nach Wegnahme der Schleimhaut und noch mehr beim Abziehen des Schildknorpels und des erwähnten Muskels zum Vorschein kommt. Der Nervus laryngeus inferior geht über dieses Ligament, das wir Ligam. kerato-cricoideum nennen wollen, hinweg. Es opponirt den das kleine Horn nach vorn ziehenden Fasern des Musc. crico-thyreoideus. Ausserdem hat Sömmering (Fig. 24. 12, Fig. 28 c.) noch ein ähnliches, nach unten und hinten streichendes Verstärkungsband abgebildet, das aber nicht konstant ist.

Von dem Ligamentum cricothyreoideum medium s. conicum werden wir im nächsten Abschnitt ausführlicher sprechen.

---

*) Harless a. a. O. S. 555.

3) Die beiden Giesskannenknorpel, die Schneppenknorpel, Cartilagines arytaenoideae, nebst den Santorini'schen Knorpeln und der Articulatio crico-arytaenoidea.*)

Dies sind die merkwürdigsten und schwierigsten Knorpel des ganzen menschlichen Körpers, und zugleich die wichtigsten Organe für den Phonationsprozess, gleichwohl in allen bisher erschienenen Lehrbüchern und Tafelsammlungen, selbst die neueste Abhandlung von Harless nicht ganz ausgenommen, so unvollkommen, oberflächlich, unzweckmässig und selbst falsch beschrieben und abgebildet, dass wir uns nicht wundern dürfen, weshalb der ganze Stimmvorgang bisher so mangelhaft begriffen worden ist.

Fast alle Anatomen haben den Giesskannenknorpel mit einer gekrümmten dreiseitigeu Pyramide verglichen. Dieser Vergleich ist in gewisser Hinsicht nicht unpassend, veranschaulicht aber die eigentliche Formation des Knorpels durchaus nicht. Ebenso unpassend ist es, den Giesskannenknorpel bloss einzeln, für sich zu beschreiben, da erst bei Betrachtung beider Knorpel zusammen eine genügende Einsicht gewonnen werden kann.

Der Giesskannenknorpel hat in Verbindung mit dem Santorini'schen Knorpel einige Aehnlichkeit mit dem Ambos des Gehörorgans, oder lässt sich noch besser mit einem kurzen dicken Hammer vergleichen, dessen Stiel unten spitz ist und nach dem Schlägel zu sich verdickt, und von dessen Schlägel der eine Schenkel dick, kolbig, auf der einen Seite gewölbt, auf der andern etwas ausgehöhlt, der andere spitz ausläuft, und nach der Seite, wo jene Wölbung liegt, zu gekrümmt ist. Mit einer Pyramide lässt sich der Giesskannenknorpel nur in sofern vergleichen, als er 4 Seiten oder Flächen hat, von denen die eine, die Grundfläche, auf einer Basis, dem abhängigen Seitentheile des obern Rands der Lamina cricoideae, aufsitzt, während die 3 Seitenflächen in die Höhe stehen und in eine Spitze auslaufen. Suchen wir zuerst eine Idee von der ersterwähnten, basischen Fläche zu gewinnen. Fig. 29 *a g* stellt eine nach der Natur kopirte Projektion der Basis der Giesskannenknorpel vor, wie sie in der Ebene von oben gesehen sich darstellen, wenn die Stimmritze möglichst weit geöffnet ist. Denkt man sich diese beiden, auf dem obern Rande der Lamina cricoid. (*c c c*) aufsitzenden Körper *a a* mässig solid, so wird man meinen Vergleich mit einem Hammer nicht unpassend finden; den Stiel dazu erhält man, wenn man sich nun senkrecht zur Papierfläche den Mitteltheil beider Körper in eine dreiseitige Spitze ausgezogen vorstellt. Bedenkt man nun, dass diese Körper auf den seit- und hinterwärts abhängigen Gelenkflächen des Ringknorpels (S. Fig. 25. 5.) aufsitzen, so wird man einsehen, dass diese

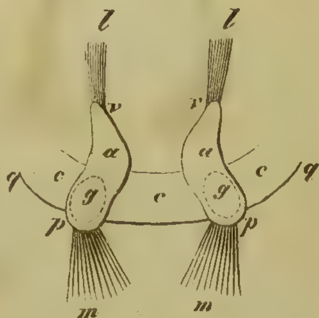


Fig. 29.

*) Statt Schneppenknorpel findet man in den Büchern stets Schnepfenknorpel geschrieben. Dies ist aber ebenso lächerlich falsch, als wenn man Topf anstatt Topp (Ausrufswort) setzt. — Bei Bezeichnung von Organen, die von diesem Knorpel zu einem andern Theile gehen, wird die Beziehung zu diesem Knorpel gewöhnlich einfach durch die Vorsatz-Silben „Ary-" ausgedrückt. Wir können ihn daher auch kurzweg Aryknorpel nennen.

basische Fläche der Giesskannenknorpel in entsprechender Weise beschaffen sein muss, und dass man also den Ausdruck „untere Fläche des Giesskannenknorpels“ ja nur in dem Sinne nehmen darf, als man die entsprechenden Stellen (25. 5.) des obern Ringknorpelrandes als nach oben gekehrt betrachtet. Das über den innern Saum der Ringknorpelplatte hinaus- und in den innern Kehlkopfraum hineinragende Stück *(vv)* des Giesskannenknorpels steht gerade aus u. heisst vorderer oder Stimmfortsatz (processus vocalis) es sind daran die Stimmbänder *(ll)* befestigt. Das hintere Drittheil, das auf dem Ringknorpelplattenrande gleichsam reitet, heist hinterer oder Muskelfortsatz, ist unten in schiefer Richtung ausgehöhlt, um genau auf der Gelenkfläche des Ringknorpelrandes aufliegen zu können, und dient gleichsam als Griffel oder Handhabe, an welchem der ganze Knorpel bewegt werden kann. Diese Bewegung ist hauptsächlich eine drehende. Setzen wir den Drehpunkt ein wenig über die Stelle von *gg* (Fig. 29), so wird eine in der Richtung von *p* nach *q* ziehende Kraft ohne Zweifel die beiden Stimmfortsätze *vv* einander nähern müssen.

Wir gehen zur Beschreibung der drei Seitenflächen des Knorpels über (Fig. 30). Die am leichtesten zu beschreibende Fläche ist die innere. Man erblickt sie Fig. *A* und *D*, wo sie in beiden rechten Knorpeln zum Theil

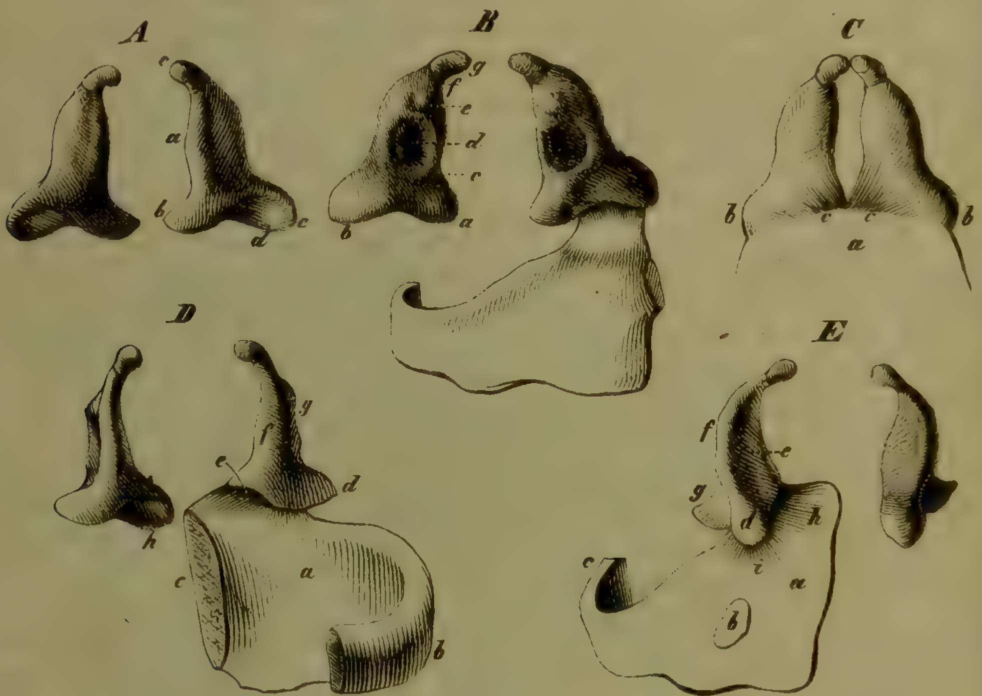


Fig. 30.

durch die helle Färbung deutlich hervortritt, und wo auch ihr Uebergang in die untere und hintere Fläche zu erkennen ist. Sie ist also auch dreiseitig, die vordere und hintere Seite durch hohle Curven, die untere durch eine ∿ Linie gebildet. In der Mitte ist sie am breitesten, läuft nach hinten und oben dünn und spitzig aus, und geht nach vorn in den stumpfen Stimmfortsatz *(b)* über. Bei weit geöffneter Stimmritze sieht diese Fläche nicht mehr vollkommen nach innen, sondern etwas nach vorn, wie in Fig. *D* zu erkennen ist. Die hintere Fläche ist eigentlich nur zweiseitig, lanzett- und

sattelförmig, oben in das Köpfchen des Santorini'schen Knorpels, unten in den hintern oder Muskelfortsatz auslaufend. Die Krümmung dieser Fläche s. Fig. 30 *Ee*; sie gehört einem Kreise von etwa 10''' Durchmesser an. Beide Knorpel zusammen bilden auf diese Weise eine Art Mulde, welche vom Musc. ary-arytaenoideus ausgefüllt wird. Sowohl die innere, als hintere Fläche des Giesskannenknorpels ist so ziemlich glatt und eben. Anders verhält es sich mit der sogen. vordern, richtiger äussern Fläche dieses Knorpels *(B)*. Da sie der hintern so ziemlich gegenüberliegt, so ist sie im Allgemeinen konvex, und wird nur unten nach dem untern Rande, der zugleich der Basis angehört, wieder etwas ausgehöhlt. Diese Fläche ist die grösste am ganzen Knorpel, weil sie auf der abhängigen Seite desselben liegt. Bei weit geöffneter Glottis *(E)* steht sie fast ganz nach aussen, und die beiden hintern Flächen bilden dann zusammen, wie erwähnt, eine Art Wanne oder Mulde. Vom untern Drittheil der hintern zwischen *g* und *b* (Fig. 30 *B*) liegenden Kante dieser Fläche (der grössten Aushöhlung der hintern Fläche gegenüber) nach dem Stimmfortsatze *a* zu (der den vordern Winkel derselben bildet) zieht sich eine Leiste *c* (Spina transversa), über und unter welcher eine rinnen- oder tümpelförmige Vertiefung (Fovea oblonga inferior et Fovea triangularis*) superior) liegt, und über dieser obern Grube befindet sich noch ein kleiner schräger birnförmiger Vorsprung (Colliculus). Die hintere und seitliche Fläche stossen in einen scharfen, gekrümmten Rand zusammen, der sich aber auch unten in den breiten Gelenkfortsatz auszieht, s. Fig. 30. *Efd*; die innere Fläche vereinigt sich mit der seitlichen unter einem nur unten, wo sie den Stimmfortsatz begrenzen, spitzigen, oben mehr rechten (jedoch abgestumpften) Winkel. Sehr stumpfwinklich dagegen ist der Uebergang der innern Fläche in die hintere und untere. Endlich stossen die innere, die hintere und die untere Fläche in einen nicht sehr erhobenen Vorsprung oder die innere Ecke der Basis des Gieskannenknorpels zusammen (*E* zwischen *e* und *h*), an welchem sich das Ligamentum triquetrum (s. w. u.) ansetzt.

Durch den Zusammenstoss der innern, äussern und untern Fläche entsteht der schon erwähnte Stimmfortsatz *(A. b, B. a. D. d, E. g.* Er beginnt auf der äussern Fläche des Knorpels da, wo die Spina transversa *(B. c)* aufhört, mit der er einen Winkel von etwa 150° bildet. Er hat fast die Gestalt einer Pflugschar oder eines beilförmigen Keils, der etwas auf seiner Fläche nach aussen gekrümmt, und dessen Spitze etwas breit geschlagen erscheint, wenn man ihn von innen her betrachtet. Er besteht aus wahrer Knorpel- und aus Netzknorpelmasse, in welche sich erstere nach vorn fortsetzt; wie es scheint, um ein Verbindungsmittel zwischen jener und den sich daran setzenden elastischen Fasern des Stimmbands herzustellen. Zuweilen ist der ganze Stimmfortsatz aus einer biegsamen, faserknorpelichen Masse gebildet. In der Regel bildet jedoch die eigentliche Knorpelmasse den Kern, und das Netzknorpelgewebe die Umhüllung des ganzen Stimmfortsatzes, gleichsam einen Aufsatz oder Anhängsel an demselben, so dass dieser weiter in die Kehlkopfhöhle hineinragt *(D. d)* und die eigenthümliche beilförmige Gestalt annimmt, in welcher man den Stimmfortsatz an Spirituskehlköpfen durchschimmern und nach innen vorragen sieht, wenn der Gieskannenknorpel stark einwärts gedreht wird. Die hintere, den

---

*) Auf der Figur erscheint sie mehr rundlich.

Stimmfortsatz mit dem Körper des Giesskannenknorpels vereinigende Grenze muss willkührlich angenommen werden. Am sichersten erhält man sie, wenn man vom hintern Ende des Atrium's eine mit der hintern Kante des Knorpels parallele Linie zur Basis desselben herabzieht. Man unterscheidet am Stimmfortsatz einen obern, vordern und untern Rand, eine innere und äussere Fläche. Der obere Rand ist gerade, hinten dick, abgerundet und verdünnt sich allmälig bis zur Spitze, die das obere Ende des vordern Randes bildet. Dieser ist scharf, schmal und liegt in schiefer, nach hinten deklinirender Richtung; in der Regel ist er etwas gewölbt, doch ist seine vordere Grenze anatomisch nicht genau bestimmbar, weil die Faserknorpelmasse, aus welcher der vordere Theil des Fortsatzes besteht, hier allmälig in das elastische Gewebe übergeht. Der untere Rand ist etwas konvex, und wird nach hinten zu dicker und wulstiger. Ausserdem liegen beide Ränder, der obere und untere, bei Schluss der Glottis nicht genau in einer und derselben Ebene, indem der untere Rand etwas nach aussen divergirt, sich der innern Wand des Ringknorpels nähert. Die innere Fläche ist dreieckig, glatt, etwas gewölbt, sowohl nach hinten, als von oben nach unten; die äussere ist gleichfalls dreieckig, weniger eben, als die innere, und wird vom Musc. thyreo-arytaenoideus bedeckt. Zuweilen verlängert sich die Spina transversa in den Stimmfortsatz, ebenso die Fovea s. fossa inferior, wodurch die äussere Fläche desselben in der Mitte erhaben wird. An phthisischen Kehlköpfen findet man oft den faserknorplichen Theil dieses Stimmfortsatzes durch Vereiterung geschwunden, und es erscheint dann derselbe weit weniger hervorragend, nach vorn in eine Spitze oder Schneide zulaufend. Bei kleinen Kindern fehlt der Stimmfortsatz noch ganz und gar, und die Stimmbänder setzen sich hier mittels eines fibrösen Gewebes an den Winkel, der durch Vereinigung der vordern und untern Fläche gebildet wird.

In ähnlicher Weise, wie der Stimmfortsatz, verhält sich der die obere Spitze des Knorpelkörpers bildende nach Santorini benannte Knorpel (*B. f. g.*). Er ist kegelförmig, 2—3''' hoch, sitzt aber nicht auf der äussersten Spitze des eigentlichen, harten Gieskannenknorpels, sondern auf der vordern Fläche des Spitztheils, als ob es die schief nach vorn zu abgeschnittene und wieder aufgesetzte Kegelspitze des Giesskannenknorpels wäre, und hat in dieser Hinsicht Aehnlichkeit mit der Papierkappe der Spitze eines Zuckerhuts. Die Spitze oder das Köpfchen (Capitulum) dieses kleinen Knorpels ist nach vor- und einwärts gerichtet, gegen die der andern Seite (Fig. 30 *A—E*). Die Verbindung beider Knorpelabtheilungen geschieht nicht durch eine Gelenkkapsel mit Synovialhaut, wie die andern Knorpelverbindungen, sondern der Santorini'sche Netzknorpel ist unmittelbar an den festen Giesskannenknorpel angewachsen, wie die Sehne an den Knochen, oder wie der bewegliche Theil des Stimmfortsatzes an den Körper des Giesskannenknorpels. Hierdurch wird eine grosse Beweglichkeit des obern Theils des ganzen Knorpels erzielt.*) Der Nutzen dieses biegsamen Knorpelaufsatzes ist offenbar der, den obern Eingang zum Kehlkopf vor Verletzung zu be-

---

*) E. H. Weber (Hildebrand's Anatomie, 4. Aufl. Bd. 4. S. 161.) und Huschke (Sömmering's Anatomie, neue Bearbeitung. 5. Th. S. 236.) beschreiben zwar ein Ligamentum ary-Santorinianum, als bestehend aus einer (nach H. $\frac{1}{2}$'''(?) grossen) Gelenkkapsel, welche die Spitze (Köpfchen) des Giesskannenknorpels mit der Gelenkgrube an der Grundfläche des Santorini'schen Knorpels verbinden, sehr zart und nur von wenigen Bandfasern verstärkt sein soll, doch leugnen sorgfältige Anatomen (Krause)

wahren, wenn beim Hinunterschlucken der Speisen und Getränke der Kehldeckel über disse Partie des Kehlkopfs gelegt und gedrückt wird. Zu diesem Zwecke mussten die zunächst getroffenen Theile elastischer sein, als die übrigen, um sich gleichsam ducken zu können und auch ein genaueres Schliessen der Apertur des Kehlkopfs zu bewirken. Aus diesem Grunde ist auch der ganze Knorpel nach hinten zu gekrümmt, um der Epiglottis gehörig ausweichen und sich in der Richtung ihres Druckes, also nach hinten, bequemer umbiegen zu können.

Der hintere oder Gelenkfortsatz (Muskelfortsatz nach Harless) des Giesskannenknorpels endlich *(A. c, E. d)* ist einem Bieberschwanz nicht unähnlich, nur dass er bloss oben gewölbt, unten dagegen ausgehöhlt ist.*) Mittels dieses Fortsatzes sitzt der ganze Knorpel auf dem Ringknorpel auf, mit dem er durch ein ziemlich schlaffes Kapselband *(C. b, D. e, E. i)* in Verbindung gesetzt wird, und auf welchem er trotz dieser Schlaffheit des Bandes doch durch Muskel- oder Luftdruck so fest haftet, dass angehängte Gewichte am umgekehrten Präparat beide Gelenkflächen nicht von einander zu entfernen vermögen. Der Raum im Gelenke ist mit Synovia gefüllt. Die untere ausgehöhlte Fläche des Gelenkfortsatzes *(A. d, D. h.)* wird fast ganz von der Gelenkfläche eingenommen, welche etwa $2^3/_4'''$ lang und $2'''$ breit ist, und eine oval-elliptische Gestalt hat; die grössere Wölbung ihrer Peripherie ist nach hinten und unten (nach dem hintern Saume des Ringknorpelrands), die kleinere nach vorn und oben gerichtet. Sie wird kürzer gegen den innern, länger gegen den äussern Rand hin, und bildet überhaupt eine nach abwärts mit einer kleinen Erhabenheit versehene, sonst ausgehöhlte, nach oben sich verschmälernde und daselbst schief von innen nach aussen abgeschnittene Platte. Die Krümmung dieser Gelenkfläche ist in der Richtung des langen Durchmessers (von vorn nach hinten) eine ziemlich bedeutende, in der Richtung ihres kurzen Durchmessers (die der Peripherie des Ringknorpels parallel geht) eine nur unbedeutende. Die Gelenkfläche des Ringknorpels, die für die Aufnahme dieses Gelenkfortsatzes des Giesskannenknorpels bestimmt ist, hat eine entsprechende Gestalt, ist jedoch etwas umfänglicher, um den Bewegungen des Giesskannenknorpels mehr Spielraum zu gestatten. Sie steigt, wie wir gesehen haben, in der Länge nach aussen und vorn herab und hat in dieser, der Breitenrichtung des Gelenkfortsatzes entsprechenden Richtung ihre

---

die Existenz desselben, und fanden als Verbindungsmittel nur schlaffe elastische Fasern. Auch Tourtual (a. a. O. S. 104.) hat bei wiederholter sorgfältiger Untersuchung weder eine Gelenkhöhle, noch glatte Gelenkflächen oder ein Synovialsäckchen entdecken können, sondern nur gesehen, dass diese Knorpel durch kurze, zwar feste, aber nachgiebige und dehnbare Fasern mit den Giessbeckenknorpeln zusammenhängen, so dass sie auf den Enden derselben spielen können. Ich habe jedoch in einigen wenigen Fällen, immer aber nur auf der einen Seite (zuletzt am Kehlkopf eines alten Nachtwächters linkerseits) eine förmliche Trennung beider Knorpel gefunden, die dann durch ein wirkliches Kapselband mit einander gelenkartig verbunden waren. — Von den kleinen Muskeln, welche diese Santorini'schen Knorpel nach Tourtual bewegen sollen, wird später die Rede sein.

*) Harless drückt sich darüber so aus: „Indem sich die vordern oder äussern Stücke der beiden Seiten des äussern spitzen Winkels der Grundfläche sehr steil, fast senkrecht nach abwärts und divergirend flächenhaft herabbegeben, der Flächenwinkel selbst aber mit einer unten und innen ausgehöhlten Masse erfüllt und nach aussen abgerundet wird, entsteht der hakenförmig nach abwärts gekrümmte Gelenkkörper und seine innere und untere Gelenkfläche.

schwächere Konvexität, die stärkere dagegen in ihrer Breitenrichtung, welche der stärkeren Konkavität der Gelenkfläche des Giesskannenknorpels entspricht. Die Länge der Gelenkgrube des letztern steht daher ungefähr der Breite der Gelenkerhebung des Ringknorpels gegenüber, die Längen beider kreuzen sich schräg, und der Giesskannenknorpel sitzt bei mittelweiter Stimmritze in der angegebenen Weise schräg auf dem Ringknorpel.*) Die Gelenkkapsel muss daher schon aus diesem Grunde eine ziemliche Weite haben und sehr schlaff und nachgiebig sein. Ihr Umfang ist abgestumpft viereckig. Die Gelenkslinien decken einander nur hin und wieder, meist ist die Berührung der beiden Gelenkflächen nur eine lineare, zuweilen nur punktförmige, nur beim tiefsten Stande des Gieskannenknorpels berühren sich etwas grössere Flächen. Daher muss man nach Harless den Umfang der Beweglichkeit dieses Gelenks mehr aus der Anordnung der Weichtheile in der Umgebung als aus den Formen der Gelenkflächen construiren. — Die Bewegungen des Knorpels werden auf diese Weise sehr vervielfältigt, obgleich der Bewegungstypus im Grunde bloss ein zweifacher ist. Die eine Bewegung geht in der Richtung der Gelenkfläche des Ringknorpels, der Gelenkfortsatz kann auf derselben nach innen und hinten, und andererseits nach aussen und vorn gleiten. Die andere Bewegung geht in der Richtung der Gelenkfläche des Giesskannenknorpels, also nach vorn-innen, und nach hinten-aussen. Da nun der übrige Theil der Basis des Giesskannenknorpels durch anderweitige Apparate nach unten ziemlich fest, nach den andern Richtungen aber durch elastische Apparate nur locker gehalten oder gezogen wird, so wird die Bewegung in diesem Gelenke für den ganzen Knorpel eine rotirende (die Drehungsaxe geht dabei von unten nach oben), eine vor- und rückwärts gehende Neigung, und eine Verschiebung nach Innen oder Aussen.**) Der verhältnissmässig unbeweglichste Theil des ganzen Knorpels ist der mittlere nach hinten und innen sehende Theil der Basis, der auf dem vordern Saume des Ringknorpelrands aufsitzt und vermöge seiner Verbindungen mit den anstossenden Organen so eingeengt ist, dass er für die übrigen Theile, zunächst Fortsätze des Knorpels als Hypomochlion zu betrachten ist, um welches die Hebelbewegungen dieser Fortsätze, die hier als die Schenkel eines zweiarmigen Hebels fungiren, vor sich gehen. Wenn in Fig. 31 etwa der obere Punkt der punktirten Kreislinie das Hypomochlion darstellt, p den hintern oder Gelenkfortsatz, v den vordern

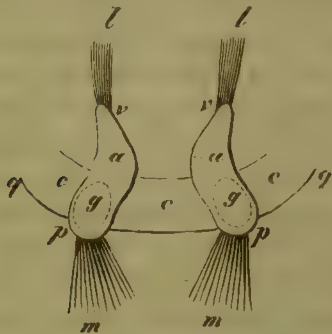


Fig. 31.

*) Von den Gelenkflächen beider Knorpel verschaffte sich Harless, um recht sicher zu gehen, Guttapercha-Abdrücke, von welchen er mehrere Durchschnitte abgebildet hat, freilich ohne dabei zu bemerken, an welchen Stellen und in welchen Richtungen er sie machte. S. die angef. Schr. S. 557.

**) Nach Harless sind folgende Bewegungen möglich: 1) eine Verschiebung der Gelenkfläche des Giesskannenknorpels auf dem Ringknorpel in der Richtung von auf- nach abwärts und umgekehrt, mögen die Muskeln u. s. w. um das Gelenk herum erhalten sein oder nicht; sie beträgt in gerader Linie 3 Millimeter; 2) eine Aus- und Einwärtsbewegung, bei Herabdrückung des Knorpels nach aussen weiter gehend, als nach innen; nach innen jedoch im Allgemeinen beim Zug an den Stimmbändern und hohem Stande des Knorpels mehr austragend, als nach auswärts; 3) Auf- und Abwärtsbewegung des Stimmfortsatzes.

oder Stimmfortsatz des Giesskannenknorpel, so wird, wenn eine Kraft erstern (*p*) in der Richtung nach *q* zieht, *v* nach innen gedreht, und, wenn dies auf beiden Seiten geschieht, beide *vv* einander genähert werden, während sie noch weiter auseinander weichen müssen, wenn eine Kraft an *p* nach *m* zieht. Die Befestigung des gedachten mittlern Theils der Basis des Giesskannenknorpel an den Ringknorpel wird namentlich durch eine feste ligamentöse Vorrichtung bewirkt, welche in ihrer Funktion einige Aehnlichkeit mit dem oben beschriebenen Ligamentum kerato-cricoideum hat, und welche von Tourtual, der sie zuerst genauer*) beschrieb, Ligamentum triquetrum genannt worden ist. Die vordere, innere und untere Partie des Kapselbands, von der untern und vordern Grenze der Ringknorpelgelenkfläche zum äussern und vordern Rand der Ary-Gelenkfläche gehend, ist sehr dünn und enthält viel elastische und Bindegewebfasern, weil hier das Band den Zug (nach aus-, rück- und aufwärts) nicht zu beschränken braucht. Anders verhält es sich mit dem hintern (eigentlich nach hinten und innen gekehrten) Appendix unseres Kapselbandes, dem Ligam. triquetrum (Fig. 30. *C c*). Es fängt da an, wo die Insertion des elastischen Theils des Kapselbands am Ringknorpel nach innen und hinten aufhört. Ueber diese Stellen hinaus liegt zwischen dem Giesskannen- und Ringknorpel bis in die Nähe des Stimmfortsatzes ein sehnig-faseriges Ligament, dessen Fasern in einer Linie entspringen, die etwa 2''' von der Medianlinie der Ringknorpelplatte entfernt quer über den obern Rand dieser Platte geht, mit einiger Konvergenz nach dem vordern Saum zu, über welchen dann diese Ursprungslinie noch etwas herabsteigt, sich nach innen krümmt und sich nach unten in den fibrösen Ueberzug der innern Fläche des Ringknorpels verliert, seitwärts in die gleiche Ursprungslinie der andern Seite übergeht. Von dieser Linie, die also nach oben gewölbt ist, entspringen die Fasern des Ligam. triquetrum; diese liegen etwa 1''' lang durch Zellgewebe befestigt auf dem Ringknorpelrande auf, gehen dann brückenartig zum mittlern Theil des innern Saums der hintern Fläche des Giesskannenknorpels, von der Stelle an, wo die innere Fläche desselben über der Crico-Gelenkfläche sich zu verbreiten beginnt, bis zu der Stelle, wo die hintere Fläche am breitesten ist. (Vergl. Fig. 30 *A*) Hier befindet sich gleichsam der First oder die gewölbteste Stelle dieses dachförmigen Brückenbands; von da an senkt sich die Insertion schief abwärts nach dem dicksten Theile des Stimmfortsatzes zu, worauf sich die Fasern in die der übrigen Kehlkopfauskleidung verlieren. Die Insertionslinie ist daher länger, als die Ursprungslinie, die längsten Fasern sind die mittlern, die sich zuhöchst am Giesskannenknorpel anheften.**) Dieses Band

*) A. a. O. S. 93. Einigermaassen ist dies Band bereits von Santorini beschrieben worden. (Observationes anatomicae pag. 99.). Vergl. auch Theile Dissert. de musculis nervisque laryngis Pag. 19, sowie Sömmering Icones Fig. 21 f. g.

**) Harless unterscheidet eine hintere dreieckige, aus vier Sehnenstreifen bestehende, und eine innere rektanguläre drei solcher Streifen enthaltende Abtheilung des Bandes, welche beide durch eine starke Bandkante, die gewölbteste Stelle des Bandes, unterschieden werden. Erstere entspringen vom Gipfelpunkte des Ringknorpel-Gelenkwulstes und setzen sich breiter geworden am äussern Rand der Giesskannenknorpelgelenkfläche an; letztere gehen von der innern Seite des Gipfels der Crico-Arytaenoidal-Gelenkfläche zu einer wenig längern Linie des Giesskannenknorpels. Der Flächenwinkel, den beide Portionen mit einander bilden, wird zumeist nach innen und unten von Fettzellen ausgefüllt. Die Synovialhaut bildet hier eine plica adiposa, auch sind noch Fettzellen zwischen die fibrösen Fasern dieses Bands bis gegen dessen hintersten Rand eingestreut.

setzt demnach die hintere und innere Fläche des Gieskannenknorpels gegen den mittlern Theil des Rands der Ringknorpelplatte so fort, dass die ohnedem bleiben würdende Spalte zwischen beiden Knorpeln überbrückt wird. Der Nutzen dieses Bands ist einleuchtend. Es spannt sich an, wenn der Gelenkfortsatz des Giesskannenknorpels nach innen und unten gezogen, und dabei die Gelenkkapsel in ihrer äussern Partie erschlafft wird. Der mittlere Theil der Basis des Giesskannenknorpels würde vom Ringknorpel abreissen, und die Stimmfortsätze sammt den Stimmbändern noch weiter nach aussen gerissen werden, wenn nicht das Ligam. triquetrum sein Veto einlegte. Ebenso verhindert es das excessive Hinterwärtsrutschen des Knorpels. Dem Zug nach abwärts (sagt Harless) in der Ebene des Stimmbandes setzt die Bandmasse des Ligam. triquetrum eine Grenze; so dass die Gelenkfläche des Ary-knorpels hinten nicht aufkippen kann. Bei gleichbleibender Spannung des Ligam. triqu ist von diesem Punkte aus nach Harless eine doppelte Bewegung möglich: eine, bei welcher das hintere und oberste Ende des Ary-knorpels fixirt bleibt, wobei der Drehpunkt an dieser Stelle liegt, und eine, bei welcher beide Endpunkte dieses Bands fixirt bleiben. In letzterem Falle geschieht die Bewegung um eine dem hintern Rande der Aryknorpelpyramide parallel laufenden Linie; hier werden die Stimmfortsätze gegen einander bewegt, welche Bewegung mit der Spannung des Lig. triqu. abnimmt, und überhaupt mit der grössern oder geringern Erschlaffung der hintern Portion desselben in Verhältniss steht; nur bei einer solchen Erschlaffung vermag die äussere Kante der Pyramide sich um die hintere erheblich zu drehen. Bei gleichzeitiger Spannung der innern untern Portion des Lig. triqu. wird diese Drehung nach aussen fast unmöglich. Die erstere Bewegung geschieht nur um den hintersten Punkt des gespannt bleibenden Flächchenwinkels beider Portionen. Die Spitze des Stimmfortsatzes beschreibt dabei einen Kreisbogen nach aussen und etwas nach innen von der ursprünglichen Lage des Knorpels ab, welcher Bewegung die untersten Bündel beider Bandportionen Grenzen setzen; dabei steigt auch der Stimm- und hintere Fortsatz etwas in die Höhe, was in der Form der Gelenkflächen seinen Grund hat. Erschlafft wird das Ligam. triquetrum dadurch, dass sich der Aryknorpel auf dem Ringknorpelgelenkwulst auf- und rückwärts verschiebt. Durch jenes Band wird diese Bewegung beschränkt, wenn die Ary-Gelenkfläche sich über das obere Ende des Crico-Gelenkwulstes schieben will; die Kante des Bands runzelt sich erst und spannt sich dann straff rück- und aufwärts. Bei Erschlaffung jener hintern Kante lässt sich der Ary-knorpel beträchtlich ein- und auswärts bewegen. Auch wenn hier endlich durch Spannung der untersten Sehnenbündel die Gelenkflächen gegen einander gepresst sind, ist noch eine Verschiebung der obern Partie derselben einigermaassen möglich. Der Bogen, den der Knorpel bei der Einwärtsdrehung beschreibt, ist viel kleiner, als der bei der Auswärtsdrehung, da die äussere Bandportion fast noch einmal so kurz ist, als die hintere. Endlich ist noch eine Scharnierbewegung möglich, wobei die Drehungsaxe durch die Längsaxe des Crico-Gelenkwulstes geht, und der Ary-Knorpel von aussen nach innen und umgekehrt so weit rollt, als bei zunehmender Spannung der untern Bündel der entgegengesetzten Kapselportion gestattet ist. — Das Ligam. triquetrum ist deshalb so fest, damit alle Muskelkraft zur Spannung des (verkürzten und nach vorn gespannten) Stimmbands verwendet werden kann. Doch enthält es auch einige elastische Fasern, damit die

Folgen der zu starken Spannung verhütet werden. Die vordere Portion des Gelenkbands ist schwach und sehr elastisch, weil ein Zug nach rückwärts (wenn er überhaupt stattfindet) nichts für Bewegung des Giesskannenknorpels thun kann, sobald die Muskelkraft keine weitere Ausdehnung des Stimmbands, das die Bewegung hinlänglich hemmt, bewirken kann. Elastisch ist diese vordere Portion nach Harless auch deshalb, damit die Spitze des Stimmfortsatzes keinen Schwingungsknoten bilde, und damit jene die Schwingungen des anstossenden Stimmbands participire und weiter fortpflanze; zuweilen auch, wo die obere Gelenkfläche sich von der untern abhebt, damit sie von unten das Stimmband leiser oder stärker berühre und darin freiwillige Abtheilungen der schwingenden Masse desselben hervorbringe, wie solche durch leises Berühren einer Saite mit dem Finger entstehen. — Von den den Giesskannenknorpeln zunächst liegenden Partien der vordern Abdachung der beiden Ligg. triquetra entspringen Fasern des Musc. arytaenoideus proprius (ary-arytaenoideus).

4) **Der Kehldeckel, Epiglottis.** (Fig. 32.).

Der zu den gelben oder Netzknorpeln zu zählende Kehldeckel hängt am Schildknorpel, wie ein Ventil oder eine Fallthür, um den obern Zugang zum Kehlkopfraum zu decken. Isolirt und ausgebreitet Fig. 31 *A* hat er die Gestalt eines birnförmigen Blattes mit Stiel, ist weich und biegsam, aber

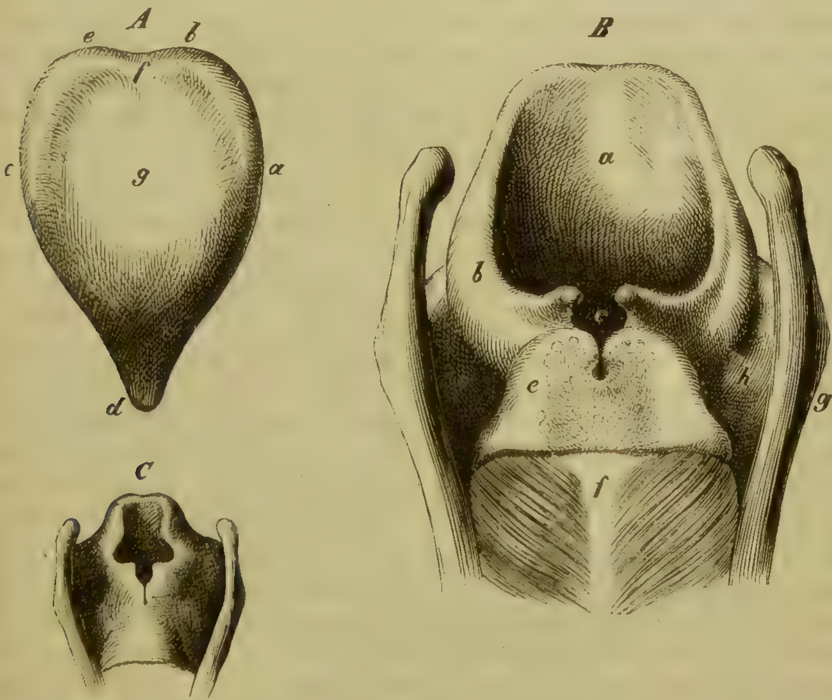


Fig. 32.

nicht oder nur sehr wenig dehnbar, und steht zu den übrigen Knorpeln des Kehlkopfs so, dass seine Ebene zur Axe des Kehlkopfs oder zur Richtung der Lamina cricoideae im ruhigen Zustande oder nach dem Tode einen Winkel von etwa 40—50° bildet. Die Länge einer erwachsenen männlichen Epiglottis beträgt 1″ 5—6‴, die grösste Breite etwa 1″. Die Breite der Epiglottis eines einjährigen Kindes fand ich an der Stelle, wo das Ligam.

ary-epiglott. sich ansetzt, $4^3/_4$'''. Die obere Abtheilung *abec* hat Aehnlichkeit mit der Schneppe oder Gussfläche einer Milchkanne oder der Kanüle eines Troikars, d. h. die Ränder *a b* und *c e* sind gegen die Kehlkopfhöhle umgekrümmt, und der ganze Theil in der Längen-Richtung *fg* gegen dieselbe Höhle schwach konvex gekrümmt. Besonders bei kleinen Kindern (Fig. *C*) ist jene Breitenkrümmung auffallend, so dass die Epiglottis geradezu rinnenförmig wird und die grösste Breite der Kehlkopföffnung nicht viel über $3^1/_3$''' beträgt. Bei Erwachsenen (*B*) ist dieser obere Theil der Epiglottis zuweilen fast ganz eben, nur wenig in beiden Richtungen gekrümmt. Manche Pathologen betrachten diese Beschaffenheit als etwas Abnormes. Von hinten betrachtet erscheint die Epiglottis für gewöhnlich so, wie in Fig. 32 *B*. Die obere Abtheilung des Kehldeckels ragt frei nach hinten und oben, die Ränder zwischen den Hörnern des Zungenbeins, die Flächen zwischen Mund-Rachenhöhle und Kehlkopfhöhle gelagert. Auf der obern sattelförmig gekrümmten Fläche zieht sich in der Mittellinie von hinten nach vorn sich verbreitend das Ligamentum glosso-epiglotticum gegen die Zungenwurzel (davon ausführlicher später). Die untere Fläche ist glatt und geht in die Kehlkopfhöhle über. Die untere Abtheilung der Epiglottis *A. a c d.* ist mit den Nachbartheilen verbunden, so dass nur die hintere der Kehlkopfhöhle zugekehrte Fläche übersehen werden kann, während die vordere von fettreichem Zellgewebe, vom Körper des Zungenbeins und vom Ligam. hyo-thyreoideum und hyo-epiglotticum verdeckt ist. Diese untere Abtheilung ist nun der eigentliche Deckel der Apertur des Schildknorpels oder des Raumes, der zwischen den obern Rändern der beiden Schildknorpelplatten liegt; und bei einer Vergleichung der Gestalt der untern Kehldeckel- (richtiger Schildknorpeldeckel-) Hälfte mit der des zwischen beiden Schildknorpelflügeln liegenden Raumes wird man die grosse Aehnlichkeit nicht verkennen. S. Fig. 27. Nur ist erstere etwas kleiner, als letzterer, damit die freie Bewegung der Epiglottis in jenem Raume nicht behindert werde. Der Stiel des Kehldeckels *d* passt demnach genau in den Winkel, unter welchem beide Schildknorpelflügel zusammenstossen. Dieser Stiel reicht nur bis auf den Grund der Excisur des Schildknorpels, nicht über den Saum desselben hinaus. Eine gleich unter dem Stiel der Epiglottis von innen nach aussen gestochene Nadel trifft den Knorpel nicht, sondern erscheint auf dem Grunde der Excisur, gleich über dem Knorpel. Der Stiel des Kehldeckels ist durch eine elastische, nach Huschke 3''' breite und nach Tourtual 4''' lange Bandmasse (Ligam. thyreo-epiglotticum) an den innern Winkel des Schildknorpels, gleich unter der Excisur desselben, befestigt, die Seitenränder hängen jedoch nur durch nachgiebiges, elastische Fasern enthaltendes Zellgewebe mit dem Schildknorpel und dem vor- und über dem untern Theil des Kehldeckels liegenden Ligam. hyo-thyreoideum zusammen, so dass der Kehldeckel innerhalb der obern Kehlkopfapertur einige Beweglichkeit erlangt. Vom mittlern Theile der vordern Fläche des Kehldeckels zieht sich das ziemlich elastische breite, divergirende Ligam. hyo-epiglotticum nach dem hintern (obern) Rand des Zungebeinkörpers und seiner Hörner, und bildet so eine halbmondförmige Fläche, die zum Vorschein kommt, wenn man nach Wegnahme der Zunge die Schleimhaut aus den Vertiefungen zu beiden Seiten des Lig. glosso-epiglotticum*) entfernt.

*) Tourtual nennt sie Valleculae. S. diese Theile auf spätern Figuren.

Der mittlere vordere Theil dieses Bands hängt nach vorn auf eine anatomisch schwer zu trennende Weise mit dem Lig. hyo-thyreoideum medium zusammen. Huschke hat das Ligam. hyo-epiglotticum nicht richtig beschrieben, besser Tourtual a. a. O. S. 96. Die Seitenflügel erstrecken sich nach T. bis zu den Capitula der Zungenbeinhörner, von wo aus sie sich in die Ligam. hyo-thyreoidea lateralia fortsetzen, und sich an die vordern Seitenränder des Kehldeckels vorwärts bis nahe dem Ostium pharyngeum der Kehlkopfshöhle befestigen, so dass sie an jeder Seite zwischen dem Capitulum des grossen Zungenbeinhorns und dem Kehldeckel einen freien, rückwärts konkaven Rand (Margo semilunaris) bilden, an welchen sich der obere Theil der Membrana quadrangularis (s. die Beschreibung des elast. Gewebes) heftet. Von der Mitte des Kehldeckels nach vorn an das Ligam. hyo-epigl. anstossend, erhebt sich das elastische, von einer Schleimhautfalte überzogene Lig. glosso-epiglotticum medium, davon jedoch später. Vom mittlern Theile der Seitenränder *a* und *c* aus nach den Spitzen der Giesskannenknorpel sind die Ligamenta ary-epiglottica ausgespannt, die dem Kehldeckel seine gleichförmige Lage geben, und ein Schwanken oder Verschieben seiner Fläche verhindern. Auch davon, sowie über die übrigen Verhältnisse der die Epiglottis überziehenden Schleimhaut, s. später Weiteres. Der der Kehlkopfhöhle oder dem Kehlkopfkanale angehörende untere Theil der Epiglottis bildet die obere schief nach oben und hinten gestellte Abtheilung der vordern Wand dieses Kanals; diese hat so ziemlich die Form der Epiglottis selbst, geht nach unten und vorn in die gleich hinter dem obersten Theil des Pomum Adami, der unter der Excisur liegt, gelegene Grube des Kehlkopfs über, und rechts und links schliessen sich unter fast rechten Winkeln die oberen Seitenpolster oder obern Glottisbänder des Kehlkopfs an. Diese hintere oder innere Fläche der untern Abtheilung des Kehldeckels ist nicht ganz eben, sondern in der Mitte etwas gewölbt, welche Wölbung nach oben in die rinnenförmige ausgeschweifte Fläche der oberen Abtheilung übergeht. — Der Kehldeckelknorpel ist nach oben am dünnsten, in der Mitte am dicksten, und wird hier und nach dem Stiele zu in der Regel von den Ausführungsgängen der vor ihm liegenden Drüsen durchbohrt. — Vermöge der lockern Anheftungen der Seitenränder und der vordern Fläche ist der Kehldeckel fähig, beim Heraufziehen des ganzen Kehlkopfs gegen das Zungenbein und die Zungenwurzel sich ohne weitere Nachhülfe über die Kehlkopföffnung umzulegen, wobei die Aushöhlung seiner obern Abtheilung über die beiden Wrisberg'schen und Santorini'schen Knorpel, die dabei niedergedrückt werden, zu liegen kommt. Der obere Theil des Kehldeckels ragt bei diesem Vorgang bis $\frac{1}{2}''$ über die Capitula Wrisb. nach hinten hinaus.*)

Dies sind also die Knorpel, welche das Kehlkopfgerüst bilden. So wie der Ringknorpel auf der Luftröhre aufsitzt, so wie auf ihr der ganze Kehl-

*) Nach Jobert (Gazette médicale de Paris, 17. Mai 1851) wird die Epiglottis nie auf die obere Oeffnung des Kehlkopfs herabgelassen, stets nur durch die ihr inwohnende Elasticität gehoben, und scheint dieselbe vorzüglich dazu bestimmt, gewissen Flüssigkeiten und festen Stoffen während des Schlingens die gehörige Richtung zu geben, indem sie eine Art von Rinne bildet. Letzteres dürfte jedoch nur bei sehr flacher Ausbreitung des obern Theils der Epiglottis möglich sein. Die Seitenränder des Kehldeckels werden durch das Lig. hyo-epiglotticum laterale, das sich in Form einer Falte darstellt, und welches so ziemlich der hintern Grenze des Ligament. hyo-epigl. medium entspricht, gegen das Zungenbein in ihrer Lage erhalten.

kopf seinen Boden findet, so erlangt dieser nach oben seine normale mittlere Richtung dadurch, dass er am Zungenbeine aufgehangen ist, mit welchem er überhaupt in mehrfacher, auch für die Phonationsvorgänge wichtigen Beziehungen steht, weshalb es gerathen ist, dieses Organ schon an dieser Stelle zu beschreiben. Desgleichen müssen wir hier die Schilddrüse gedenken, welche gleichfalls wichtige mechanische Einflüsse auf den Kehlkopf vermittelt.

a. Das Zungenbein; os hyoideum.

Das Zungenbein ist ein hufeisenförmiger oder halb reifartiger, hinter und unter dem Unterkieferknochen an muskulösen und ligamentösen Organen aufgehangener, frei beweglicher Knochen, zwischen dem eigentlichen Stimm- und den Sprach- oder Artikulationsorganen schwebend, welcher



Fig. 33.

hauptsächlich den Bewegungen des Schlingens, der Zunge und des Kehlkopfs dient, und das für sie ist, wie Huschke*) sagt, was das Brustbein und der Rippenknorpel für den Athemprozess und die Lungen. Naturphilosophisch betrachtet ist das Zungenbein nach Oken**) ein Schlundring, oder der oberste erste Luftröhrenring, wenn wir den Schildknorpel als den zweiten, den Ringknorpel als den dritten, und den ersten Ring der eigentlichen Luftröhre als den vierten betrachten. Im Fötusalter fungirt es eine Zeit lang als Kiemenorgan.

Das Zungenbein besteht wesentlich aus drei Knochenstücken, die anfangs durch Knorpel- und Bandmasse mit einander verbunden sind, später in einen Knochen zusammenwachsen. An den Seitentheilen des mittlern Stücks oder Körpers des Zungenbeins hängen noch zwei kleinere Knochenstücke, gewöhnlich die kleinen Hörner genannt, die jedoch nur als Verknöcherungen der hier inserirten Weichtheile zu betrachten sind. (Fig. 33. A. cc.)

---

*) A. a. O. S. 580.
**) Naturphilosophie. 3. Aufl. S. 302.

1. Der Körper oder das Mittelstück des Zungenbeins (Fig. 32 *A a*), liegt quer über der Apertur des Schildknorpels, ist ein mulden- oder muschelförmiger Knochen von etwa 1″ Länge, 4—5‴ Breite (die Breitenkrümmung unberücksichtigt) in der Mitte, nach den Seiten etwas weniger, und ½—1½‴ Dicke (in der Mitte ist er am dünnsten, die seitlichen Partien in ihrer Mitte am dicksten). Uebrigens variirt an verschiedenen Individuen die Gestalt dieses Knochens ausserordentlich, sodass wir uns nur auf die wesentlichen, stets oder fast allemal vorhandenen Verhältnisse beschränken können. Man unterscheidet am Mittelstück des Zungenbeins gewöhnlich eine vordere und eine hintere Fläche, und einen vordern und untern Rand, nebst den beiden Endstücken oder Endflächen. Allein hier ist vor Allem zu bemerken, dass der Knochen für gewöhnlich nur die untere Zone seiner sog. vordern Fläche nach vorn kehrt, während die obere nach oben sieht, und daher am Halse während des Lebens gar nicht gefühlt werden kann. Ein senkrecht mitten durch das Zungenbein geführter Schnitt sieht so aus, wie Fig. 33 *D.*, wo *a* die obere, *b* die vordere, *c* die hintere Fläche und *d* den Winkel darstellt, in welchem *a* und *b* zusammenstossen. Man kann daher an den meisten Zungenbeinkörpern eine obere vordere, und eine untere hintere Fläche unterscheiden. Die obere-vordere Fläche ist doppelt, (in der Länge und in der Breite) konvex, die untere-hintere in beiden Richtungen konkav. Ja man muss an vielen Zungenbeinen noch eine dritte Krümmung annehmen, nämlich eine Wölbung der oberen Fläche in querer Richtung von links nach rechts, der eine entsprechende Aushöhlung der untern Fläche entspricht, und eine Ausbuchtung des untern Randes der Konvexität der obern Fläche gegenüberliegend. Ein solches in seiner Normallage liegendes Zungenbein zeigt daher schräg von vorn und oben betrachtet eine gewisse Deklivität seines sich als obern darstellenden Randes, und gerade von oben gesehen hat es wohl immer die Gestalt eines türkischen Halbmonds; man übersieht dabei fast die Hälfte der ganzen bisher sogen. vordern Fläche bis zum Tuberculum und selbst etwas darüber oder vielmehr darunter hinaus. Die Endstücken des Zungenbeinkörpers haben aber eine ziemlich senkrechte Stellung, weshalb die obere Abtheilung der sogen. vordern Fläche eben jene halbmondförmige Gestalt annehmen muss. Zwischen der obern und untern Abtheilung der vordern Fläche des Zungenbeins zieht sich eine erhabene, etwas wellenförmige Linie oder Leiste (zum Ansatz des Musc. mylo-hyoideus), die in der Mitte sich gewöhnlich zu einem Vorsprung (Tuberculum) erhebt (Fig. *A b*), an welcher Stelle der Winkel, unter welchem beide Flächenzonen zusammenstossen, fast ein rechter ist, (*Dd*) während er seitlich ein stumpfer ist. Jener Vorsprung ist meistens in die Breite gezogen, und nur eine grössere Erhebung der gedachten Leiste. Unter diesem Vorsprunge befindet sich zuweilen eine Grube oder Furche, in welcher sich der Musc. sternohyoideus inserirt. Auch über der Crista liegt eine flache in die Länge gezogene Grube für den Ansatz des Musc. geniohyoideus. Am obern-hintern Rande befestigt sich der Zungenknorpel und der Musc. hyoglossus, seitwärts der Baseoglossus und Baseopharyngeus. Am untern Rand inserirt sich neben der Mitte der Sternohyoideus, an den Seiten der Omohyoideus. Von der Seite und von oben betrachtet nimmt sich ein gut entwickeltes, noch nicht zu sehr verknöchertes Zungenbein etwa so aus, wie Fig. 33. *c*. Man sieht hier, wie der Körper des Zungenbeins in die Seitentheile oder in die Hörner dieses Knochens übergeht. Dieser Uebergang oder diese Verbindung ge-

schieht durch Knorpelmasse, über die sich einige Bandfasern werfen. In den spätern Lebensjahren verknöchert diese Verbindungsstelle, so dass man oft gar nicht mehr weiss, wo man die Grenze zwischen Körper und Horn suchen soll. So lange die knorpliche ligamentöse Verbindung noch vorhanden ist, besitzt das Zungenbein noch einige Biegsamkeit, später ist der Knochen ziemlich starr und unbeugsam. Die hintere oder ausgehöhlte Fläche des Zungenbeinkörpers *(B a)* zeigt eine ovale oder muschelartige, zuweilen sehr tiefe Aushöhlung, die glattwandig ist und von den Unebenheiten der Aussenfläche nicht alterirt wird. Nach den Seitentheilen zu ebnet sich die hintere Fläche wieder aus, und zeigt Unebenheiten und selbst Konvexitäten; nach unten geht sie in den gewöhnlich etwas gewulsteten untern Rand des Körpers über.

2. Die Hörner oder Seitenschenkel des Zungenbeins sind rippenförmige Fortsätze des Körpers, der sich zu den Hörnern fast so verhält, wie das Manubrium sterni beiderseits zur ersten Rippe. Anfangs platt und ziemlich dieselbe Richtung, wie der Körper, beibehaltend verschmälern sie sich in der Mitte ihrer Länge, und werden zuweilen fast spindelförmig, doch immer noch von oben nach unten dicker, als von vorn nach hinten, bis sie in das knopfartig oder kolbig angeschwollene hintere Ende übergehen. Ein solches Zungenbeinhorn ist etwa ebenso lang, als der Körper, am vordern Ende oder an der Wurzel etwa 3''' breit, in der Mitte $1\frac{1}{2}$—2''', und am hintern Ende 2—$2\frac{1}{2}$''' breit; die Dicke ist sehr ungleich, im Mitteltheile oft sehr gering. Die Stellung und Richtung beider Hörner ist selten an einem und demselben Zungenbeine mit einander übereinstimmend; gewöhnlich geht das eine Horn in der vom Seitentheil des Zungenbeinkörpers vorgezeichneten Richtung gerade nach hinten, während das andere Horn sich auf der äussern Fläche und noch mehr auf dem obern Rande aushöhlt, so dass bei übrigens gleichen Richtungsverhältnissen das hintere Ende des einen Horns höher zu stehen kommt, als das andere. An Zungenbeinen älterer Individuen werden diese Hörner massenhafter, breiter und dicker, damit sie nicht so leicht zerbrechen. Die äussere Fläche des Horns, gewöhnlich aber (nach meinen Beobachtungen) nur die des einen, weniger gewölbten, wird durch eine niedrige Gräthe in einen untern schmalen und furchenartigen, und in einen obern breitern und ebnern Streifen getheilt. An diesen letztern setzt sich der Musc. hyo-thyreoideus, an jenen der Kerato-glossus. Die äussere Fläche des Horns steht, wie die des Körpers, zugleich etwas nach oben, und (wenn sie ausgehöhlt ist) nach vorn; die innere in entgegengesetzter Richtung. An den obern scharfen Rand setzt sich der M. kerato-pharyngeus an. Der untere äussere Rand ist wulstiger, besonders nach dem vordern Ende zu, das durch eine Knorpelfläche, die unten breiter als oben ist, sich von dem Körper des Zungenbeins abgränzt, wofern nicht durch Verknöcherung diese Gränze aufgehoben worden ist. Auch das hintere knopf- oder vielmehr pfotenförmig angeschwollene Ende ist mit Knorpel bedeckt, von welchem ein rundliches 8—10''' langes, sehr elastisches Band, das seitliche Schildzungenbeinband (Lig. hyo-thyreoideum laterale, s. Fig. 34) nach dem grossen Schildknorpelhorn abgeht.

An und über der Verbindungsstelle des Körpers mit den Hörnern liegt beiderseits das sogenannte kleine Horn oder der waizenkornförmige Körper (Ossicula triticea, cornua minora, Fig. 32 *A c*). Dies sind nur Anhängsel, die niemals mit dem Zungenbein sich durch Knochenmasse vereinigen, und daher als besondere Knöchelchen des menschlichen Körpers

schrieben werden sollten. Auch bei Zungenbeinen alter Subjekte habe ich nie diese Knochenkerne als integrirende Bestandtheile des Zungenbeins nachweisen können. Sie liegen am Zungenbein, wie die Rippenknöpfchen an den Wirbelkörpern, d. h. zwischen Körper und Horn, über dem Zwischenknorpel, von dessen Masse etwas nach oben abgeht, um auch diesen kleinen Knochen mit dem Zungenbein in Verbindung zu setzen. Er hat die Form und Grösse eines Waizen- oder besser Gerstenkorns, kann aber auch grösser wachsen, nach Huschke bis zu 6''' Länge, liegt mit der untern abgerundeten Fläche auf jener Verbindungsstelle auf, wo die von ihm getroffenen Kantenstellen des Körpers und Horns oft eine abgeglättete Vertiefung zeigen, und kehrt das obere, spitzere Ende nach oben und aussen, so dass der ganze Knochen gleichsam die Fortsetzung der Crista transversa des Zungenbeinkörpers bildet. Die innere Fläche ist zuweilen ausgehöhlt, und das vordere Ende mit einer rundlichen Gelenkfläche versehen. Das hintere obere spitzige Ende hängt mit dem Lig. stylo-hyoideum (Fig. 67) zusammen; ausserdem entspringen von diesem kleinen Horn der Musc. chondroglossus und chondropharyngeus.

Das Zungenbein steht immer ebenso weit offen, als der unter ihm liegende Schildknorpel, ist also beim weiblichen Geschlecht kleiner, als beim männlichen.

Die Funktionen des Zungenbeins, die schon im Fötusalter, wo es zur Bildung der Kiemenbogen wesentlich beiträgt, von grosser Bedeutung sind, beziehen sich namentlich auf das Schlingen, wobei es einer Menge Muskeln Insertionspunkte bietet, ferner auf die Phonation, indem es, sobald es nach oben fest gezogen ist, einen festen Hängepunkt für den Kehlkopf abgiebt, gegen den letzterer auch noch etwas aufwärts gezogen werden kann. Ausserdem dient es mechanisch als Organ, den Schlund offen zu halten, ihn vor dem Zusammenfallen zu schützen, so wie es der Epiglottis verbietet, sich zu weit nach vorn umzuschlagen. Mit dem Schildknorpel hängt es durch folgende Bänder zusammen (Ligamenta thyreohyoidea, Fig. 34):

a) Das mittlere Schildknorpel-Zungenbeinband *(h)*, ein in der Mitte etwa 15—16''', an den Seitenrändern etwa 8''' langes und 4—5''' breites, ziemlich elastisches Band, das sich in der Excisura des Schildknorpels *(k)* anheftet und von hier aus gerade aufwärts bis zur hintern Fläche des Zungenbeinkörpers *(c)* steigt, wo es sich von einer dichten Fettzellenmasse umhüllt, ungefähr der Crista gegenüber in einer ziemlichen Breite anheftet. An den Seiten wird es etwas dünner und geht in eine schlaffe fibröse Zellhaut über, welche den übrigen zwischen Zungenbein und obern Schildknorpelrand liegenden Raum ausfüllt als Membrana thyreo-hyoidea *(g)*. Der untere in der Excisur des Schildknorpels liegende Theil dieses Bands hängt mit den Fasern des Ligam. thyreo-epiglotticum zusammen, von welchem es sich anatomisch ebenso wenig genau trennen lässt, als der obere Theil des-

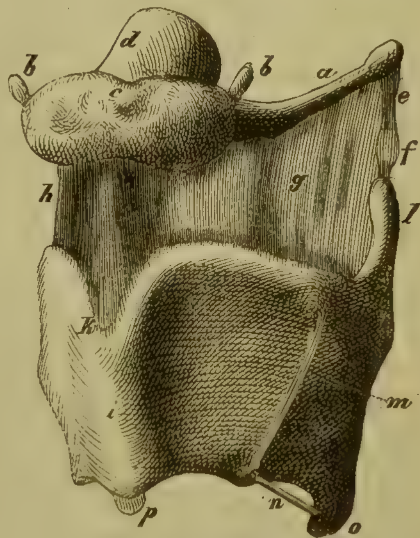


Fig. 34.

selben von dem darüber sich legenden Lig. hyo-epiglotticum. Siehe oben bei der Epiglottis.

b) Den Schluss dieser Membran bilden die schon erwähnten seitlichen Schildknorpel-Zungenbeinbänder, Ligam. thyreo-hyoidea lateralia (e), zwei rundliche elastische Stränge, die von den knorplichen Endflächen der Zungenbeinhörner (Fig. 33. *E*) zu den obern Enden der grossen Schildknorpelhörner herablaufen. Diese Bänder sind etwa 1''' dick, 8—10''' lang (bei grösster Ausdehnung über 1''), und haben in ihrem Gewebe jedes ein länglich rundes waizenkornähnliches Faserknorpelstück von 2—4''' Länge (*f*). Zuweilen kommt es vor, dass das grosse Schildknorpelhorn (*e*) sehr kurz ist, dafür aber ein längeres cylindrisches Knorpelstück unter jenem Waizenknorpel sich in ähnlicher Weise im Gewebe des Bandes eingeschlossen befindet, wo dann das ganze Band umsoviel länger ist, als das Schildknorpelhorn kürzer ist. Bei kleinen Kindern ist überhaupt das obere Schildknorpelhorn ziemlich kurz, das seitliche Ligam. hyo-thyreoideum lang, so dass das ganze Horn des Schildknorpels ein späteres Produkt der Verknorpelung dieses Bands zu sein scheint.

Die Verbindungen des Zungenbeins mit der Zunge selbst, deren Basis es darstellt, werden wir später betrachten.

b. Die Schilddrüse.

Die Schilddrüse, Glandula thyreoidea (s. Fig. 23, 8—10 S. 71) gehört zwar nach der gewöhnlichen Annahme den sogen. Blutdrüsen an, und wir hätten demnach für unsern Zweck nichts mit ihr zu schaffen; allein sie erfüllt, wie wir bald nachweisen werden, auch sehr wichtige, bisher freilich noch nicht erkannte, phonische Zwecke, und verdient daher unsere Berücksichtigung mit gleichem Rechte, als andere Hülfsorgane der Phonation. Sie ist halbmondförmig mit einer Einengung in ihrer Mitte (9), legt sich vorn (mit der Einengung) u. seitlich (mit den beiden Flügeln oder Hörnern (10) um die Luftröhre und Speiseröhre herum, ohne jedoch die hintere Fläche beider Röhren und die vordere der letztern zu bedecken. Der einzelne, seitliche Flügel (Lappen oder Horn) ist so ziemlich dreieckig, hat eine vordere gewölbte, vom M. sterno-thyreoideus et hyoideus, sowie mittelbar vom M. sternocleidomastoideus zum grössern oder geringeren Theile bedeckte, und eine hintere ausgehöhlte, sich dem Seitentheile des Ringknorpels, einem kleinen Theile des Schildknorpels und einem grössern Theile der Luft- und Speiseröhre anlegende Fläche; der untere, zugleich schief nach vorn sehende Rand steigt vom 4. Luftröhrenringe schief nach aussen bis zum 7. dieser Ringe herab, wo er unter einem spitzen unteren Winkel in den sehr dicken abgerundeten äussern, zugleich nach hinten sehenden Rand übergeht, welcher schief auswärts bis zum untern Horn des Schildknorpels, und in der Regel noch ein Stück höher, bis zur Crista desselben, steigt, und dabei die Speiseröhre, sowie die auf der vordern Fläche der Halswirbel liegenden Muskeln berührt. Oben setzt er sich, zwischen dem untern Horn, der Crista, und der untern Protuberanz des Schildknorpels unter dem spitzen oder abgerundeten oberen Winkel (hier wo sie dem Schildknorpel, zunächst dem M. laryngo-pharyngeus aufliegt, und vom Sterno-thyreoideus bedeckt wird [s. auch Fig. 41 *i. m.*], ist die Drüse sehr abgeflacht) in dem innern (zugleich nach vorn sehenden) Rand fort, welcher schief einwärts zum obern Rande der Einengung (Isthmus) herabsteigt, und un

mittelbar oder einige Linien unter dem Ringknorpel aufhört. Die Einengung (Isthmus) liegt vorn auf der Luftröhre, bedeckt dieselbe in einer Höhe von 6—10''', und ist 4—5''' breit, während der einzelne Lappen 2—2 ½''' hoch, und die ganze Drüse von einer Seite zur andern gegen 3''' breit ist. Der rechte Lappen ist gewöhnlich einige Linien länger und dicker, als der linke. Beide Lappen haben ihre meiste Substanz an ihrem äussern Theile und werden schmal nach dem Isthmus zu. Zuweilen existirt noch ein drittes, mittleres Horn, das sich vom linken Horn oder vom Isthmus aus kegelförmig, nach oben sich zuspitzend gegen den Körper des Zungenbeins erhebt. Von dem auch hin und wieder vorkommenden Musc. thyreoideus sprechen wir später. Das ganze Volumen der Drüse beträgt 1 $^1/_{12}$—1 ¼ Kubikzoll, bei Weibern mehr als bei Männern; das absolute Gewicht ist etwa 3 Loth, es scheint aber dasselbe, sowie das Volumen und die Konsistenz, zu verschiedenen Zeiten in Folge ungleicher Blutzuführung zu wechseln. Denn die Schilddrüse ist gleichsam ein Schwamm, der sich bald stärker, bald weniger mit arteriellem Blute anfüllt.

Ueber die Funktionen dieses Organs, die bisher nur sehr unvollkommen erkannt worden sind, und die auch wir nur hinsichtlich unseres speciellen Zweckes erforschen wollen, bemerke ich Folgendes. Die Schilddrüse hängt am Kehlkopf und dem obern Theil der Luftröhre und muss also den Bewegungen dieser Organe folgen. Sie wird ferner von drei Seiten her von Muskeln bedeckt oder eingeschlossen; von vorn wird sie vom M. sternothyreoideus und mittelbar vom sternohyoideus bedeckt, von der Seite vom M. sternocleidomastoideus, und von hinten von den Mm. scaleni und den langen Halsmuskeln. Dabei kommt sie auch mit den grossen Gefässen und Nerven des Halses in Berührung. Von der Schilddrüse selbst wird aber der untere Theil des Kehlkopfs und der obere der Luftröhre eben so eingeschlossen und bedeckt, als sie selbst von obigen Muskeln. Wenn nun diese letztern sich zusammenziehen und dicker und härter werden, so wird der Raum, welcher der Schilddrüse angewiesen ist, verengt und dadurch zusammengedrückt. Abgesehen davon, dass das hierdurch verdrängte Blut dem benachbarten Kehlkopf und dessen Muskeln, die es dann gerade sehr bedürfen, zu Gute kommen kann, muss sich auch dieser Druck, den die Drüse erleidet, auf den Kehlkopf und die Luftröhre fortpflanzen; dadurch wird der innere Kehlkopfraum (zunächst der Aditus ad glottidem inferior) und das Lumen des obern Abschnitts der Luftröhre etwas verengt. Es wirkt also der Druck, den behufs gewisser phonischer Zwecke die Kontraktion der Halsmuskeln auf den Kehlkopf u. s. w. ausüben soll, nicht unmittelbar auf denselben, was auch wegen der unregelmässigen Gestalt desselben zweckwidrig gewesen wäre, sondern zunächst auf die Schilddrüse, die wie ein Polster dazwischen geschoben worden ist, um diesen Druck, der sonst sehr einseitig und ungleich ausgefallen wäre, auf eine grössere Fläche des Kehlkopfs und der Luftröhre gleichmässig zu vertheilen. Ueber die specielle Art und Weise dieser Druckwirkungen können wir freilich nur Vermuthungen anstellen. Zunächst treten diese Einflüsse bei tiefem Kehlkopfstande hervor, wenn die Mm. sterno-thyreoidei und hyoidei sehr verkürzt sind, und auf die Drüse von vorn her drücken, welcher Druck noch verstärkt wird, wenn die Kontraktion des M. sternocleidomast. dazutritt. Wir erkennen hieraus auch, weshalb die Schilddrüse nach unten und nach den Seiten zu voluminöser ist, als nach oben und vorn, weil der Umfang des

Kehlkopfs, aber nicht der Halsraum, nach unten abnimmt. Die Luftröhre würde bei Tiefstellung des Kehlkopfs zu weit bleiben, und die tiefsten Töne desselben gar nicht möglich sein, wenn die Schilddrüse nicht hier zu Hülfe käme. Bei seinem weichen, nachgiebigen, schwellbaren Gewebe vermag übrigens dieses Organ sich leicht allen Raumdifferenzen, die bei den Bewegungen des Kehlkopfs eintreten, anzupassen; auch mag bei manchen phonischen Vorgängen, wo die Exspiration retardirt ist und viel Halsmuskelkraft erfordert wird, die Schilddrüse als Mittel dienen, eine zu grosse Anschwellung der grossen Blutgefässe des Halses zu verhüten, indem ein Theil des stagnirenden Venenblutes in dieselbe abgeleitet wird. In diesem Falle tritt die Schilddrüse nach vorn, als wohin sie die meiste Flucht hat, und bewirkt eine sichtbare Anschwellung am Halse.

Bevor wir zur Betrachtung des innern elastischen Ueberzugs der Kehlkopfshöhle übergehen, wollen wir uns die Lage- und Raumverhältnisse der zwischen dem vordern Rande der Epiglottis, dem Zungenbeine und dem obern ausgeschnittenen Rande des Schildknorpels gelegenen Theile noch einmal durch Hilfe einer senkrechten Durchsicht versinnlichen, die wir durch einen von vorn nach hinten durch diese Theile geführt gedachten Durchschnitt erhalten.

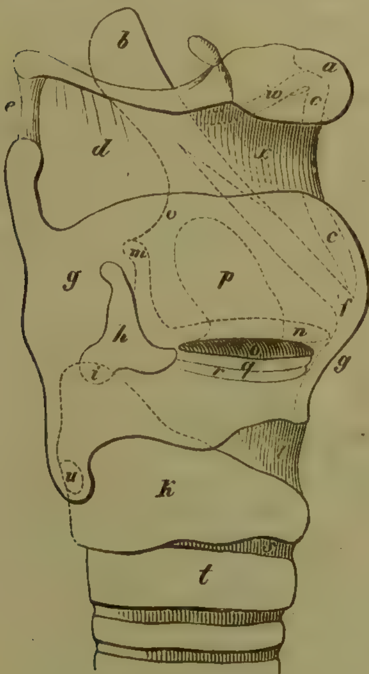


Fig. 35.

Wir sehen hier in *a* den in der Mitte durchschnitten gedachten Körper des Zungenbeins, *b*—*f* in gleicher Weise die etwas nach oben geschlagene Epiglottis, *gg* den Schildknorpel, von *c* nach *c* des Ligamentum hyo-thyreoideum zum Zungenbein aufsteigend, und *w* das Ligam. hyo-epiglotticum. Am Stiele der Epiglottis neben der Excisur des Schildknorpels bei *f* denken wir uns das Ligam. thyreo-epiglotticum. Wir sehen hier erstlich angedeutet, wie letzteres Band sich mit dem untern Theile des Ligam. hyo-thyreoideum verwebt, ferner, wie dieses Band oben am Zungenbeine mit dem Ligam. hyo-epiglotticum zusammenstösst, endlich zwischen diesen beiden Bändern in *x* einen ziemlich grossen dreieckigen Raum, der mit einem an Fett- und Schleimdrüsen reichen Zellgewebe ausgefüllt ist, welches Morgagni*) als Glandula Epiglottidis beschreibt, deren Secreta sich durch den Knorpel der Epiglottis hindurch auf deren innerer oder hinterer Oberfläche ergiessen. Tourtual nennt diese ganze zwischen Zungenbein, Kehldeckel und Excisur des Schildknorpels liegende elastische Band-Drüsenmasse die Kehldeckelwurzel oder Ligam. petioli, durch welche dieser Knorpel in seiner Stellung erhalten wird, aber zugleich auch die Fähigkeit erhält, seine Stellung zur Kehlkopfapertur unter Umständen zu ändern.**)

---

*) Adversaria anatomica prima. Bononiae 1706. pag. 1. Tab. II. Fig. 5.
**) A. a. O. S. 97.

B. Die elastische Kehlkopfshaut mit ihren Verstärkungsbändern.

Wir sprechen von dieser Auskleidung des Kehlkopfs eher, als von dessen Muskeln, einmal, weil wir in dieser Hinsicht unmittelbar an das bereits über verschiedene elastische Organe des Kehlkopfs Gesagte anknüpfen können, und ausserdem deshalb, weil mehrere Muskelpartien des Kehlkopfs sich an elastische Organe inseriren, und es doch immer gut ist, wenn man erst die Insertionspunkte der Muskeln vollständig kennen gelernt hat, bevor man deren Lage und Bedeutung begreifen kann.

Die elastisch-fibröse die innere Kehlkopfsoberfläche überziehende Membran ist nur zum Theil an Knorpelflächen festgewachsen, zum grössern Theil ist sie, um ihre Elasticität geltend machen zu können, über dergleichen Knorpel in einiger Entfernung weggespannt, und bildet auf diese Weise hervorragende Leisten, Duplikaturen, Wulste, Furchen und Einbuchtungen.

Wir haben bereits erwähnt, dass der Kehldeckel die vordere Wand der oberen Abtheilung des Kehlkopfsraums, welche auch Aditus ad glottidem (s. Fig. 32. *B.*) genannt wird, bildet. Er wird unten durch das Ligamentum thyreo-epiglotticum im untern Theile der Excisura thyreoideae befestigt, seitlich durch zwei elastische Falten, welche von den Seitenrändern des Kehldeckels nach dem gemeinschaftlichen Ligam. hyo-epiglotticum abgehen und zu dessen Bildung mit beitragen. Ausserdem liegt ein fettreiches, elastische Fasern enthaltendes Zellgewebe an den Seitenrändern des Kehldeckels, welches dieselben mit den Rändern der Excisura thyreoideae verbindet (s. Fig. 27.). Von dieser Vorderwand der obern Abtheilung der Kehlkopfshöhle geht nun rechts und links unter einem rechten oder sogar spitzem Winkel die Membr. quadrangularis, wie sie Tourtual nennt, ab, welche zwischen dem Seitenrande der Epiglottis und der vordern Kante des Giesskannenknorpels ausgespannt ist, und nach unten in das obere Glottisband übergeht, demnach den obern Theil der Kehlkopfhöhle bis zum Ostium pharyngeum seitlich einschliesst, und grossentheils von der Schleimhautfalte, deren oberer Saum den Namen Ligam. ary-epiglotticum erhalten hat, umkleidet wird. S. Fig. 36. *b.* Die Flächen beider Membranae quadrangulares liegen natürlich schief nach unten konvergirend, weil die Lage ihrer vordern Ränder von der zwischen beide sich keilförmig hineinschiebenden untern Hälfte der Epiglottis bestimmt wird; ausserdem neigt sich ihr oberer Rand von vorn nach hinten, weil die Spitze der Giesskannen- (Santorini'schen) Knorpel tiefer liegt, als der Mitteltheil des Kehldeckels. Auf diese Art nimmt das Ostium pharyngeum des Kehlkopfs eine fast dreieckige oder birnförmige Gestalt an, wie in Fig. 32 *B.* zu ersehen ist. Der hintere Rand dieser Membr. quadrangularis heftet sich nach Tourtual an den innern Theil des Colliculus des Giesskannenknorpels und an den Santorini'schen Knorpel an. Es erstreckt sich ferner nach demselben Anatomen diese Membran mit stärkern Fasern über den schrägen Kehldeckelrand hinaus zur innern Fläche der Schildknorpelplatte hin, an dem Ligam. hyo-thyreoideum medium anliegend; heftet sich unfern der Innenseite des Winkels an diesen Knorpel in der Höhe vom Taschenbande aufwärts bis gegen den obern Schildknorpelrand hin, und verbindet sich mit dem freien Rande des Flügels des Lig. hyo-epiglotticum, unter welchem sie mit der Fascia laryngis verschmilzt. Die elastischen Fasern dieser Membran verlaufen, wie die Fig. 36 deutlich

darstellt, ziemlich parallel mit dem Lig. ary-epiglotticum. Die untere Grenze der viereckigen Membran ist das **Taschenband** oder **obere Glottisband** (*k*), ein sehr eigenthümliches Gebilde, dass wir zum bessern Verständniss in Gemeinschaft mit den nach **Morgagni** benannten Ventrikeln des Kehlkopfs betrachten wollen.

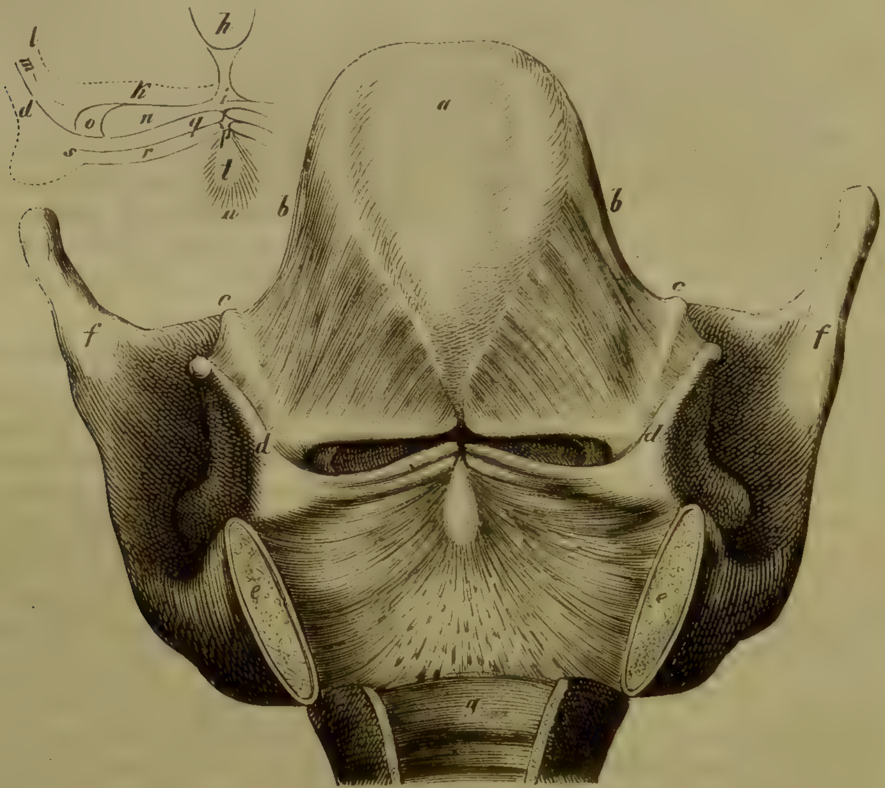


Fig. 36.

Die beiden rinnenförmigen Vertiefungen, welche zwischen dem vordern Rand jeder Membrana quadrangularis und dem Rande des untern Theils der Epiglottis verlaufen, stossen unten, also unter dem Stiele dieses Knorpels (*h*), an der Ursprungsstelle des Ligam. thyreo-epiglotticum in einer kurzen, engen und tiefen **Grube** (*i*), die gerade hinter dem Pomum Adami liegt, zusammen. Diese Grube, Fovea centralis (in Fig. 36 der dunkele Mittelpunkt der ganzen Figur), mit ihren Ausläufern ist einer der wichtigsten Insertionspunkte für das elastische Gewebe des Kehlkopfs. Im Normalzustande des Kehlkopfs und bei geschlossener Glottis verhält sich diese Grube etwa so, als wäre sie von hinten nach vorn von einem kurzen dicken 4schneidigen Stilet mit ausgeschweiften Kanten gestochen oder gebohrt werden. Vorn und oben wird diese Grube vom Ligam. thyreo-epiglotticum, zu beiden Seiten von den vordern Wurzeln der Taschenbänder, unten (bei geschlossener Stimmritze) von den der Stimmbänder begrenzt. Schlägt man, was freilich ohne Verletzung der Knorpelmasse nicht möglich ist, die Schildknorpelflügel des hinten aufgeschnittenen Kehlkopfs so, wie es in der Fig. 36 abgebildet ist, aus einander, so sieht man, wie vom Grunde dieser Grube vier **Rinnen** oder **Furchen** abgehen, eine nach oben, die bald breiter wird und in den untern spitz zugehenden Theil der vordern Kehlkopfswand übergeht, zwei seitlich und nach hinten abgehende Furchen für die beiden **Morgagni**'schen Ventrikel, (**Ventrikelrinnen**), und eine nach unten, die **Glottisrinne**, die

von den untern Kehlkopfsrändern begrenzt wird, unter diesen sich aber erweitert und in den untern Kehlkopfsraum übergeht.

Die Figur 36. soll zunächst die Insertionen des elastischen Gewebes versinnlichen. An der dunkeln mittlern Stelle, die der Insertion des Ligam. thyreo-epiglotticum entspricht, ist dasselbe festgewachsen, während oberhalb derselben dieses Gewebe einige Bewegung zulässt. Bei *i* verdichtet sich das elastische Gewebe, verlässt den Schildknorpel und geht gerade nach hinten zum Giesskannenknorpel, indem es durch Umrollung das obere Stimmritzenband bildet. Dieses Band, dass auch Taschenband (weil es die Tasche oder den Ventrikel bilden hilft) genannt wird, ist ein dicker Wulst oder Polster, in seinem Innern aus einer an Fett- und Schleimdrüsen reichen fibroid-zellulösen Masse bestehend und nur mit einer elastischen Haut, die wieder von Schleimhaut bekleidet ist, überzogen. Von seinem Abgange vom Seitenrande der Fovea centr. steigt das Taschenband anfangs in einem abwärts konkaven Bogen etwas aufwärts, verläuft dann horizontal, dem Stimmbande (*q*) ziemlich parallel, und nimmt dann seine Richtung rückwärts zum Giesskannenknorpel (*d*), an den es sich in der bald anzuzeigenden Weise ansetzt. Der Raum zwischen beiden Taschenbändern ist etwas weiter, als der zwischen den darunter liegenden Stimmbändern, weil nicht nur die Ursprünge ersterer im Winkel des Schildknorpels unter der Excisur, sondern auch die Insertionsstellen am Giesskannenknorpel weiter von einander liegen, als die vordern und hindern Befestigungsstellen der Stimmbänder. Der elastische, dem Taschenband angehörige Ueberzug setzt sich am mittlern Theile der Seitenwaud des Giesskannenknorpels, hart an der vordern Kante, bei der Fovea triangularis an; es lässt sich jedoch natürlich nach oben zu keine genaue Grenze angeben, da dies Taschenband eben nur eine Umrollung des untern Saums der Membrana quadrangularis darstellt.

So viel lässt sich, von den bald näher anzugebenden Faserrichtungen des elastischen Gewebes einstweilen abgesehen, ohne Anwendung des Messers am aufgeschnittenen Kehlkopf erkennen. An den meisten Kehlköpfen bemerkt man aber in dieser Membran, kurz bevor sie sich mit dem Giesskannenknorpel verbindet, und so ziemlich parallel mit dessen vordern Rande laufend; eine schwache Hervorragung, die oben am freien Rande der Membran in eine Art Knöpfchen endet, das dem des Santorini'schen Knorpels nicht unähnlich ist, und ganz unverkennbar am Ostium pharyngeum selbst des völlig unpräparirten Kehlkopfs sich bemerklich macht. S. Fig. 32. *B*. Bemerkenswerth ist, dass zwischen dem Capitulum Santorini und dem in Rede stehenden Köpfchen ein gewisses Wechselverhältniss zu bestehen scheint. Ist das eine sehr ausgebildet, so ist es das andere um so weniger. An dem Kehlkopf eines Tenorsängers, von dem unter anderen Fig. 32. *B* eine Kopie ist, fand ich das Köpfchen, von dem wir reden, sehr bedeutend hervorragend, während das Capitulum Santorini sehr niedrig und unscheinbar sich zeigte, vergl. dagegen Fig. 37. *A*. Nimmt man den elastischen Ueberzug von dieser Stelle weg, was übrigens, da derselbe sehr fest sitzt, eben nicht leicht ist, so kommt man auf ein drüsenreiches, mit festen Fasern verfilztes Gewebe, das Morgagni*) als Glandula cartilaginis arytaenoideae beschrieben und abgebildet hat. Wrisberg, der von den Drüsen abzusehen scheint, beschreibt es als einen Knorpel, und nennt denselben Cartilago cuneiformis.

*) Adversaria anatomica prima. Tab. II. Fig. 6. *h*. Pag. 1.

Allerdings besitzt in den meisten Kehlköpfen das köpfchenförmige obere Ende dieses Gebildes, das man am Ostium pharyngeum vor dem Capitulum cart. Santorinianae hervorragen sieht, die Konsistenz eines Faserknorpels, und bei oberflächlicher Untersuchung scheint sich diese Masse nach unten keilförmig zu verdünnen, allein in der Regel hat diese Drüsenmasse (Fig. 37. *C*), so ziemlich die Form, die ihr Morgagni giebt, das heisst, sie zieht sich längst der vordern Kante des Giesskannenknorpels herab, und wendet sich dann, über der hintern Kommissur der beiden Glottisbänder, unter einem stumpfen Winkel (2) nach vorn, indem sie die Wulst des Taschenbandes bilden hilft, längs dessen sie sich bis fast zum vordern Ende desselben (3) verfolgen lässt, obwohl die Hauptmasse dieses Drüsengebildes, wie schon Morgagni andeutet, in der Gegend der Einstülpung des Ventrikels aufhört. So hat diese Drüsenmasse zwei Schenkel oder Flügel, einen hintern schiefen, und einen horizontalen, über und hinter dem Taschenband liegenden. Der hintere erscheint oft schon am unpräparirten Kehlkopf als eine leichte etwas vom vordern Rande des Giesskannenknorpels entfernte, mit ihm parallel laufende Erhabenheit, die nach Morgagni durch ein festeres Gewebe, Columella (4) gebildet wird. Er hängt mit der seitlichen Fläche des Giesskannenknorpels durch festes fibröses Zellgewebe zusammen.*) Der horizontale Schenkel senkt sich in die Wulst des Taschenbands, und hält den elastischen Ueberzug desselben in ähnlicher Weise auseinander, wie der Musc. thyreo-arytaenoideus die obere und senkrechte Fläche des Stimmbands. Ausserdem ist es unverkennbar, dass dieses Drüsengebilde es ist, wodurch überhaupt, wie weiter unten nachgewiesen werden soll, die eigenthümliche Disposition und Spannung der elastischen Membran, welche den ganzen Morgagni'schen Ventrikel bildet, möglich wird. Wird die Epiglottis bei hochgehobenem Kehlkopf rückwärts über die obere Apertur desselben gelegt, so tritt diese Drüsenmasse wulstförmig nach innen hervor, und erscheint gleichsam als ein zwischen Kehldeckel und Giesskannenknorpel eingeschobener Keil, welcher, obwohl die Kehlkopfsapertur von beiden Seiten verengend, dennoch dies nur bis zu einem gewissen, nicht zu überschreitenden Grade thut, und dabei verhindert, dass die sonst zu sehr er-

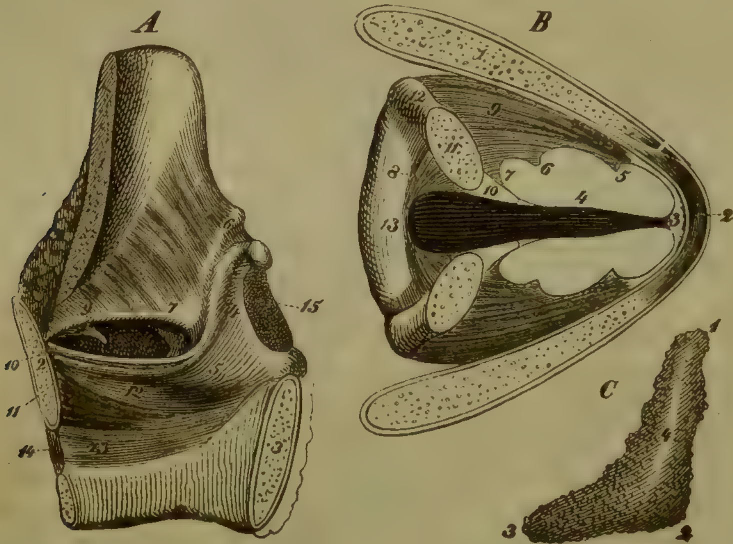


Fig. 37.

*) .... Superiori arytaenoidum processui ab anteriore parte incumbens, alte in quasdam cavitates sese insinuat, quae ab eadem parte, uti animadversum mihi est, arytaenoidibus insculpuntur. Morgagni l. c. pag. 1.

schlaffenden Membranae quadrangulares einander völlig berühren, dabei die obere Kehlkopföffnung ganz schliessen und so Erstickungsgefahr herbeiführen würden. Von den bei diesem Vorgange eintretenden phonischen Einflüssen werden wir später zu sprechen Gelegenheit nehmen.

Zwischen den erwähnten, erhabenen durch jene Columella gebildeten Streifen und der vordern Kante des Giesskannenknorpels verläuft eine seichte Furche (Fig. 36. *m*), welche am hintern Ende des Ventrikels beginnt, indem sich dieser, allmälig seichter werdend, in diese Furche oder Rinne verlängert und oben zwischen dem Capitulum cartilaginis Santorini und dem Köpfchen des in Rede stehenden knorplichen Drüsenstreifens selbst endigt. Werden nun beide Giesskannenknorpel (durch vereinte Wirkung des Musc. crico-arytaenoideus lateralis, thyreo-arytaenoideus und arytaenoideus transversus et obliquus) einander genähert, so vervollständigen sich nothwendig beide seichte Rinnen durch Anlegung der beiden hintern Säume derselben zu einer tiefern Rinne, die offenbar die Ventrikelräume mit dem Pharynx in Verbindung zu setzen und den etwaigen flüssigen Inhalt der Ventrikel nach aussen zu schaffen bestimmt ist. Nach dieser Ansicht ist jene Rinne ein anderweiter Zweck, der den Schöpfer sowohl zur Bildung der Columella als auch der daselbst angehäuften Drüsen veranlasst hat. Ich schlage daher vor, diese Rinne fortan nicht mehr zu ignoriren, sondern sie mit dem Namen Filtrum ventriculorum zu bezeichnen. Diese Rinne tritt jedoch nur in Kraft, wenn die hintere Portion der Stimmritze geschlossen ist, wenn beide Giesskannenknorpel einander bis zur Berührung ihrer Innenflächen genähert sind. Steht aber die hintere Portion der Glottis offen, so bemerken wir zwischen beiden Köpfchen der Santorini'schen Knorpelaufsätze gleichfalls einen ausgeschweiften oder halbmondförmigen Saum, der bei Annäherung beider Knorpel sich zu einer nach hinten, nach der Pharynxhöhle zu ausgebuchteten Rinne oder Kanüle zusammenlegt, und den obern freien Rand einer elastische Fasern ziemlich reichlich enthaltenden Membran bildet, die zwischen den beiden Knorpeln ausgespannt ist, d. h. von der einen Kante, in welcher die innere und vordere Fläche des Giesskannenknorpels zusammenstösst, zur andern hinübergeht, und so die Hinterwand der ganzen Glottis oder Gesammtstimmritze bildet. (S. Fig. 32. *B d*.). Auf diese Weise wird der elastische Ueberzug der innern Kehlkopfwand auch an dieser hintersten Stelle kompletirt, denn es ist die gedachte Membran im Grunde nichts anders, als eine Fortsetzung der gemeinschaftlichen innern elastischen Auskleidung des Kehlkopfs. Die vom obern Rande dieser Membran begrenzte Excisur zwischen beiden Santorini'schen Knorpeln ist bereits von älteren Anatomen Rima glottidis posterior genannt worden. Bei der Stimmbildung und sonstigen Vorgängen, wo die Giesskannenknorpel gegen einander geschoben sind, ist diese Excisur in einen linienförmigen Spalt verwandelt, während die Capitula Wrisbergiana gewöhnlich auseinander stehen, und dann die in Fig. 32. *B*. dargestellte Apertur *c d* sich bildet. Während das vorhin erwähnte Filtrum ventriculorum während der Stimmbildung thätig ist und namentlich den flüssigen Inhalt der Ventrikel entleeren soll, hat die Rima glottidis posterior die Bestimmung, die beim Athemholen gebildeten und sich an den Wänden der Luftröhre und des untern Theils des Kehlkopfs angehäuft habenden Fluida in den Pharynx zu schaffen.

Bei manchen, besonders weiblichen Kehlköpfen steht das Capitulum Morgagn. s. Wrisb. von dem des Cart. arytaen. ziemlich weit ab, wogegen

sich die Columella mit starker Konvergenz letzterem Knorpel annähert, so dass jenes Filtrum eine fast trichterförmige Form annimmt, z. B. in Fig. 36.

Der bereits mehrmals erwähnte Morgagni'sche Ventrikel (Fig. 37. *A. B.*) ist eines der wichtigsten Organe oder Räume des Kehlkopfs, aber bisher noch bei weitem nicht mit der Genauigkeit beschrieben worden, die er verdient. Er besteht aus zwei deutlich von einander unterscheidbaren Abtheilungen, die wir als Vorhof und als Blindsack unterscheiden wollen. Der Vorhof (Fig. 36. *i—o.* Fig. 37. *A.* 8. 9.) ist der schon bei oberflächlicher Betrachtung wahrnehmbare kahnförmige hohle Raum zwischen den beiden Kehlkopfbändern; der Blindsack (Fig. 37. *B.* 38. *A*) ist eine mitten aus dem Vorhof nach hinten und oben mehr oder weniger weit abgehende Ausstülpung oder Krypta. Verfolgt man die beiden aus der oben beschriebenen Fovea centralis rechts und links nach hinten zu abgehenden Furchen oder Rinnen weiter, so findet man, dass auf der vordern Partie des Grundes derselben das elastische Gewebe in einer Länge von 2 3''' fest dem Schildknorpel anhaftet (Fig. 37. *B* 3—5.), dann verdünnt es sich und zieht sich zu einer keilförmigen Falte *A.* 9 aus, die sich vom Schildknorpel etwa 1''' entfernt, eine von vorn nach hinten und von anssen nach innen gehende Richtung hat, also ziemlich in der Richtung des Grundes des Vorhofs liegt, der hier in sehr bezeichneter Weise durch diese Falte vom Blindsack abgegrenzt wird. Dieser Blindsack stellt also eine taschenförmige Ausstülpung des kahnförmigen Vorhofs dar, hat eine im Grund desselben liegende, etwa 2 $\frac{1}{2}$''', zuweilen 3—4 '' lange schlitz- oder ritzenförmige Apertur, und zieht sich hinter der Membrana quadrangularis längs des obern vordern Theils der innern Wand des Schildknorpels hin, an welcher seine hintere, mit einigen darüber weglaufenden Muskelfasern (s. w. u.) versehene Hinterwand durch festes Zellgewebe angeheftet ist, doch so, dass zuweilen sein Grund noch über den obern Rand des Schildknorpels hinausragt, bis hinter das Ligam. thyreo-hyoideum. In der Regel ragt die vordere Wand des Blindsacks bis ziemlich zum vordern Rand der Membrana quadrangularis Diese Anheftung an den Schildknorpel ist eine nur durch die erwähnte Falte unterbrochene Fortsetzung der Rinne zwischen dem obern und untern Glottisband; ihre Richtung ist auf Fig. 35 *p* durch Punkte bezeichnet. Der Blindsack ist an verschiedenen Kehlköpfen von sehr ungleicher, bei Erwachsenen von 2 bis 5—6''' wechselnder Tiefe oder vielmehr Länge, und wird von einer Fortsetzung der elastischen, den Vorhof auskleidenden Membran, die hier aber sehr verdünnt ist, in der bald näher zu beschreibenden Weise ausgekleidet. In ihr öffnen sich zahlreiche, um den Blindsack herumliegende Schleimfollikeln, wie denn überhaupt der ganze Blindsack als eine grosse Schleimkrypta angesehen werden kann, zumal da auch die Kehlkopfschleimhaut denselben überzieht. Der Blindsack kehrt mit einer der am vordern Anfang desselben liegenden ähnlichen, halbmondförmigen, weniger hervorspringenden Falte (Fig. 37. *A* 8. *B* 6, 38. *A* 3.) in den Vorhof zurück, der von da an bis zum obern Rand des Stimmfortsatzes des Giesskannenknorpels, wo er aufhört, allmälig weniger tief wird, sich etwas aufwärts krümmt, und mit einer seichten, schmalen Vertiefung endigt, die sich, wie oben bemerkt, in die noch seichtere Vertiefung, welche zwischen dem vordern Rand des Giesskannenknorpels und der Glandula arytaen. liegt, fortsetzt. Auf dem Grund dieser hintern Abtheilung des Vorhofs verweben sich die seitlichen Fasern des obern und untern Glottisbands mit einander (s. w. u.), und hän-

gen mit dem untern Rande der hier sich darüber und dahinter schiebenden Glandula arytaenoideae (Fig. 37. *c*) zusammen. Die vordern Fasern der hintern Portion des obern Glottis- oder des Taschenbands gehen dagegen gerade und hinter den ihnen entgegenkommenden aufsteigenden Fasern des untern Glottis- oder des Stimmbands weg, um sich gleich hinter der vordern Kante des Giesskannenknorpels in der Gegend der Fovea oblonga und Spina transversa dieses Knorpels in nicht ganz scharf zu bezeichnender Weise anzuheften.

Tourtual (a. a. O. S. 97. 98.) beschreibt die Anordnung des hintern Theils des Taschenbands folgendermaassen. „Das Taschenband befestigt sich über dem Vokalfortsatze und etwas nach aussen vom vordern Rande des Knorpels in den innern tiefsten Theil der Fovea triangularis. Es hat nahe der Anheftung zwei Anhänge, einen untern und einen äussern. Der untere, welchen ich Lig. arcuatum nenne, füllt den Zwischenraum der Insertionen des obern und untern Bandes in ähnlicher Weise, wie die Membrana semilunaris die innere Commissur der Augenlider aus, und wird in der Tiefe jenes Raumes als eine fast dreiseitige elastische Membran sichtbar, deren schmaler hinterer Theil an die äussere Fläche des Stimmfortsatzes sich befestigt, deren oberer und unterer Rand mit den beiden Bändern verbunden, deren vorderer freiliegend und sichelförmig ist. Dieser freie Rand besteht aus starken, bogenförmig gekrümmten elastischen Fasern, welche von dem Taschenbande etwa 2‴ hinter (vor) seiner Insertion abgehen und sich noch etwas weiter rückwärts (vorwärts) zu der äusseren Fläche der unteren elastischen Membran, nahe unter dem oberen Rande derselben, dem Stimmritzenbande, begiebt und sich mit dem Gewebe desselben vermischt. Der äussere Anhang, welcher Ligam. arytaenoideum transversum, queres Pyramidenknorpelband, zu nennen ist, setzt sich, von den äussern Fasern des Taschenbandes, nahe seiner Insertion abtretend, quer an der vordern Fläche des Giessbeckenknorpels also fort, dass es mit seinem untern Rande an die Querleiste desselben sich anheftet, an dem oberen frei ist und mit seinem Ende an den mittleren Theil des äusseren Randes dieses Knorpels zwischen der Querleiste und dem Hügel geht. Es ist vor der Fovea triangularis hergespannt und lässt zwischen sich und dieser Grube eine nach oben offene Lücke übrig. Durch Anziehen des Querbändchens nach aussen wird das ganze Taschenband angespannt.“ Was hier T. Ligam arcuatum nennt, ist doch wohl mehr als eine blosse Kommissur zu bezeichnen, denn als Band, da es weiter nichts darstellt, als den Grund der hintern Abtheilung des Vorhofs, und von den Fasern der beiden hier zusammengehenden Glottisbänder sich nicht scharf abgrenzen lässt. Der vordere freiliegende und „sichelförmige“ Rand ist der einzige deutlich charakterisirte Theil dieses „Bands“, obwohl nicht so scharf markirt, als das am vordern Eingang des Blindsacks liegende Bändchen, das T. ganz ignorirt, wie denn auch dieser Anatom die wahre Aufgabe dieses sichelförmigen Rands, nämlich die hintere Grenze des Blindsacks zu bilden, übersehen zu haben scheint. Das „quere Pyramidenknorpelband“ habe ich trotz genauer Nachforschung nicht auffinden können, und es scheint mir dasselbe ein rein künstlich gemachtes Gebilde. Freilich ist dieser Theil des Kehlkopfs so verworren organisirt, dass es sehr leicht ist, hier ein neues Band zu entdecken, wenn man nur will, namentlich wenn man gerade, wie es T. ergangen zu sein scheint, einen Kehlkopf vor sich hat, wo die Glandula arytaenoidea fehlt oder nicht deutlich vorhanden ist.

An einem in Spiritus bewahrten Kehlkopf, wo keine Columella Morgagn. vorhanden war, liessen sich die Fasern der hintern Portion des Stimmbands bis etwa 2‴ in den Ventrikelgrund verfolgen; sie gingen an den Stimmfortsatz, fassten diesen ein und strichen bis zum vordern, die innere und vordere (äussere) Fläche des Giessknorpels abgrenzenden Rand und an der innern Fläche hin. Weiter im Ventrikelgrund bemerkte ich, wie unter diesen horizontalen, von vorn nach hinten zum Giesskannenknorpelfortsatz streichenden Fasern andere hervorkamen, die ziemlich senkrecht zu diesen gingen, nach der Ventrikelwölbung zu: die Fasern des obern Bands kamen herab und kreuzten sich endlich unter spitzen Winkeln mit den des untern Bandes. Das obere Band war eine grosse breite Masse, die sich an der äussern Fläche des Giessknorpels inserirte, wie ich durch Anziehen der Fasern

wahrnahm. In der Mitte der hintern Abtheilung des Ventrikelgrundes, da wo man die Grenze des obern und untern Bands annehmen konnte, sah ich nach vorsichtiger Wegnahme der Schleimhaut eine Art Streif oder Naht, wo offenbar die Faserrichtung eine durchkreuzende wurde. Die Fasern des untern Bands lagen dabei mehr vorn, und gingen mit ihren Insertionen an der obern Fläche des Stimmfortsatzes, sich etwas seitlich überschlagend, bis an die sogen. Wurzel desselben oder noch etwas höher.

Am Kehlkopf eines an Phthisis pulmonum et laryngis Verstorbenen war linkerseits das die innere Wand des Giesskannenknorpels überziehende elastische Gewebe durch Vereiterung zerstört, und so die innere Insertion des Ventrikels gleichsam geöffnet, der hintere Theil des Atriums liess sich wie eine Rinne herausheben, und ich bemerkte, wie er hinten durch feste ligamentöse Masse an den Fuss der Glandula arytaenoideae festgehalten wurde, und wie er auf diese Art überhaupt seine bleibende Einbuchtung erhält. Das obere Glottisband, soweit es dem Ventrikel angehört, setzt sich unmittelbar also gar nicht an den Giesskannenknorpel, sondern an die Glandula arytaen., nur als Fortsetzung der elastischen Membran nach innen an die innere Fläche des Giesskannenknorpels; dagegen die oberhalb des Wulstes liegende, bereits der Membrana quadrangularis angehörende Platte desselben geht hauptsächlich, mittelbar (durch die Glandula arytaen.) oder unmittelbar, wo diese (namentlich in Folge von Phthisis) fehlt, an die Spina transversa und die darüber und darunter liegenden Vertiefungen des Giesskannenknorpels. Auf der rechten Seite desselben Kehlkopfs war durch Verschwärung die Insertion des ganzen an den Giesskannenknorpel gehenden elastischen Gewebes von innen her losgetrennt, der Knorpel in einer Breite von 1—2‴ entblösst, und die Bänder auf diese Weise seitwärts geschoben. Das Stimmband hatte seine Zuschärfung verloren, der Ventrikel war verstrichen oder sehr seicht geworden, aber die hintere Aushöhlung war doch noch zu bemerken.

Demnach wird der sogen. Morgagni'sche Ventrikel aus einer Dilatation des sich nach hinten und oben umrollenden elastischen Ueberzugs des obern Kehlkopfbands und einer ähnlichen Ausbreitung der obern Fläche des Stimmbands gebildet, welche beide Platten nicht nur vorn und hinten in der angegebenen Weise nathförmig sich verweben, sondern auch auf der Höhe des Blindsacks in einer ähnlichen Nath zusammenstossen. Im Allgemeinen ist die untere und hintere, vom Stimmband sich ausziehende Wand des Ventrikels als Basis desselben zu betrachten, auf welcher sich die obere und vordere mittelst der pfeilerartigen Falten sich einpflanzen. Dass der hintere Pfeiler der Blindsackapertur so weit nach vorn zu gerückt ist, rührt von der Glandula Morgagni her, welche den für sie nöthigen Raum dem des Blindsacks wegnimmt. Je grösser diese Drüse, desto kürzer ist der Eingang zum Blindsack. Hinter diesem Eingange erweitert sich derselbe wieder.

Der Eingang zum Blindsack wird vom Wulst des obern Glottisbands überragt; man muss letztern aufheben, um diese Oeffnung zu sehen, und mag dieser Umstand wohl der Grund gewesen sein, weshalb dieser Blindsack bisher so unvollständig beschrieben worden ist. Die Form des Blindsacks ist fusssackartig, die Breite in der Mitte wenig grösser, als die des Eingangs, die Dicke oder der seitliche (senkrecht auf die Schildknorpelwand gezogene) Durchmesser für gewöhnlich fast null, indem nur bei der Phonation der Blindsack durch eingetriebene Luft sich ausdehnt. Dabei erhält dieser Blindsack eine ungleichförmige Ausdehnung, weil die innere und

äussere Wandung desselben, (Membrana quadrangularis und Schildknorpelwand) während der Phonation nicht parallel zu einander stehen, sondern nach hinten divergiren. Hierüber wird ausführlicher später die Rede sein.

Durch Entfernung des Schildknorpels vom Zungenbein (mittelst der Herabzieher des Kehlkopfs und der Heber des Zungenbeins) wird auch das obere Glottisband vom untern entfernt, so der Vorhof erweitert und der Eingang zum Blindsack geöffnet. Bemerkenswerth ist endlich noch, dass der Ventrikel sich in dem Maasse öffnet und erweitert, auch abgesehen von der während der Phonation eingetriebenen Luft, in welchem die Glottis sich verengert. Bei diesem Vorgange, wo der Raum zwischen der innern Kehlkopfwand und den Schildknorpelwänden vergrössert wird, würde eine Rarefaktion des diesen Raum füllenden Muskel- und Drüsengewebes erfolgen müssen, wenn nicht mitten darin durch den Ventrikel ein leerer Raum geschaffen würde, der die Masse ausgleicht. Beim Erweitern der Glottis dagegen, also bei der gewöhnlichen Respiration wird der Ventrikelraum durch die verdrängte Muskulatur wieder verstrichen, die Wände des Blindsacks legen sich aufeinander.

Den Grund des Vorhofs des Morgagnischen Ventrikels bildet die obere

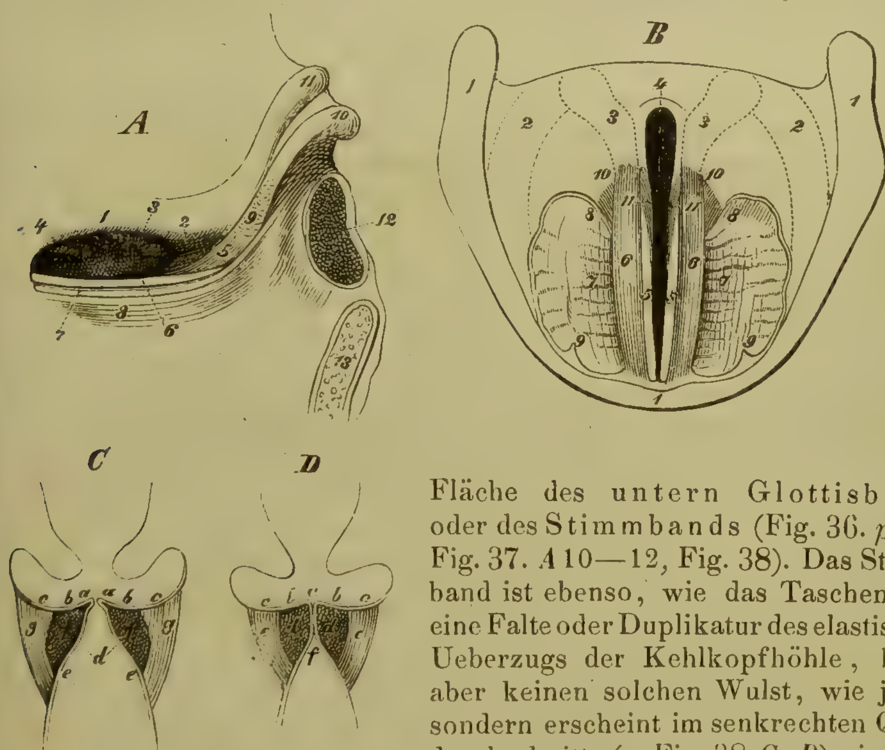


Fig. 38.

Fläche des untern Glottisbands oder des Stimmbands (Fig. 36. *p. q. r.* Fig. 37. *A* 10—12, Fig. 38). Das Stimmband ist ebenso, wie das Taschenband eine Falte oder Duplikatur des elastischen Ueberzugs der Kehlkopfhöhle, bildet aber keinen solchen Wulst, wie jenes, sondern erscheint im senkrechten Querdurchschnitte (s. Fig. 38. *C. D*) ziemlich dreieckig oder prismatisch. Es entspricht daher der obern, den Grund des Ventrikelhofs bildenden Fläche des Stimmbands für gewöhnlich keine untere Fläche, sondern es steht etwa unter einem Winkel, der nach Harless 13° 29 beträgt, aber nach Individualität von 20 bis 60° variiren kann, zur obern Fläche eine nach innen und unten sehende, zwischen welchen beiden Flächen der vorspringende Rand liegt, der beim Anziehen mit der Pincette in eine schmale Haut ausgebreitet werden kann, und überhaupt verschiedener Form-

veränderungen fähig ist. Die dritte oder äussere Fläche des Stimmbands ist mit den weichen Seitentheilen des Kehlkopfs verwachsen. Das ganze Stimmband ragt für gewöhnlich weiter nach innen, als das obere oder Taschenband, ist mehr zugeschärft und sieht weisser oder blässer aus, als jenes. Die vordere Anheftungsstelle liegt im Winkel des kombinirten Schildknorpels, etwa 2''' unter der Excisur; beide Anheftungsstellen zusammen bilden die untere Grenze der Fovea centralis (Fig. 36. *i.*). In diesem Schildknorpelwinkel entspringen die Fasern der Stimmbänder dicht nebeneinander so, dass in der Mitte eine enge spitz nach vorn endende Ritze bleibt, welche beiderseits von zwei weissen Wülsten oder Strängen eingefast ist. Sieht man von oben in einen gut elastischen, z. B. weiblichen Kehlkopf, nachdem man die Epiglottis auf und vorwärts und die Membranae quadrangulares seitwärts gezogen hat, so kann man beide Stimmbänder gut übersehen. Im weitern Sinne muss man nicht nur das, was aus dem Grunde der Fovea centralis entspringt, zu den Stimmbändern rechnen, sondern auch die weiter seitlich von den vordersten Theilchen der Seitenwände des Schildknorpels kommenden Fasern (Fig. 38. *B.* 6), welche den Grund der Ventrikelvorhöfe bilden. Demnach wird der vordere Ursprung jedes Stimmbands von innen nachaussen, eine Breite von etwa 1—1 $^1/_2$''' haben, je nachdem der Kehlkopf ein weiblicher oder männlicher ist. Von hinten nach vorn angesehen erscheint diese Insertionsstelle aber nicht völlig wagrecht, sondern etwas, besonders nach innen zu, konvex. Von hier zieht sich die Insertion abwärts, aber auch nicht völlig senkrecht, sondern etwas divergirend. (S. Fig. 37 *A.* 10. 11. 36. *p.*) Diese abwärts gehende Insertion der Stimmbänder beträgt etwa 1 $^1/_2$—2 $^1/_2$'''. Wir müssen nun aber die vordere Insertion der Stimmbänder noch von der Seite betrachten, um alle Verhältnisse derselben zu erforschen. Hier ist es sofort auffällig, dass die obern Fasern weiter vorn entspringen, als die untern, so dass jene schon aus diesem Grunde länger ausfallen müssen, als diese; und durch die hintere Insertion wird dieser Unterschied, wie wir bald sehen werden, noch erheblicher. (S. Fig. 37. *A.*). Beim Weibe beträgt dieser Unterschied für die vordere Insertion nicht so viel als beim Manne, weil die Deklivität des Schildknorpelwinkels bei diesem geringer ist, als bei jenem. Beim Manne beträgt dieser Winkel etwa 45—50°, beim Weibe etwa 60—65°. — Nach unten zu verlieren sich die Fasern des Stimmbands ohne scharfe Grenze in die Auskleidung der untern Portion des Kehlkopfs. Stimmband im anatomischen Sinne nennt man nur denjenigen Komplex parallel von vorn nach hinten verlaufender Fasern des elastischen Gewebes, welche, vorn im Schildknorpelwinkel auf die angezeigte Weise entspringend, gerade nach hinten gehend sich am Giesskannenknorpel, soweit dieser von jenen Fasern erreichbar ist, anheften. Die nach oben sehenden Fasern des Stimmbands laufen, gleiche Breite behaltend, auf der untern Wand des Atriums hin und endigen theils in der Grube, mit welcher dieses aufhört, also etwas über und seitwärts von dem vordern Fortsetz des Giesskannenknorpels, theils bilden sie den Ueberzug der obern Kante dieses Fortsatzes selbst und heften sich daselbst an, indem sie sich eben in die allgemeine elastische Bekleidung der Innenfläche dieses Knorpels verlieren, und an dem ausgeschweiften vordern Rande desselben bis zu dem Winkel, unter welchem der Giesskannknorpel sich mit dem Santorini'schen vereinigt, weiter aufsteigen (Fig. 38. *A.* 5. *B.* 11.). Die nach innen gekehrten Fasern des Stimmbands haben wirklich die Gestalt eines Bandes und geben, natürlich mit den obern unter

einem ziemlich scharfen Winkel verbunden, in derselben Richtung, in welcher sie entsprangen, nach hinten, um sich theils an der Spitze des Stimmfortsatzes des Giesskannenknorpels unmittelbar, theils an der Seitenwand und der untern Kante desselben zu inseriren, theils endlich noch weiter an der Innenfläche des Knorpels fortgehend sich mit dem Ligam. triquetrum zu verbinden. In gewisser Hinsicht kann man noch die am vordern Saume des obern Rands der Lamina cricoideae gleich unter der innern Fläche des Giesskannenknorpels sich anheftenden Fasern als eine Fortsetzung des Stimmbands betrachten. Alle diese Fasern laufen einander fast parallel, ohne (wie es scheint) in der gewöhnlichen Weise mit einander nach Art des übrigen elastischen Gewebes zu anastomosiren. Sie weichen jedoch vom Ursprunge an bis zur Insertion am Giesskannenknorpel etwas auseinander, ausserdem erscheinen sie für gewöhnlich nicht vollkommen geradlinigt zwischen ihren beiderseitigen Befestigungspunkten ausgespannt, sondern werden durch gewisse Kräfte sowohl seitwärts, als abwärts etwas von der geraden Richtung abgelenkt, wodurch die Stimmbänder ihre ausgeschweifte Gestalt erhalten, seitwärts durch die Insertionen des Ventrikels, abwärts durch die Spannung, welche die Masse des unterhalb liegenden, festhaftenden elastischen Ueberzugs auf die Fasern des Stimmbands ausübt.

Durch die verschiedenen Anheftungspunkte der verschiedenen Fasern und Faserbündel des Stimmbands zerfällt dasselbe sehr natürlich in mehrere Abtheilungen oder Zonen, welcher Ausdruck besser sein dürfte, als Saiten oder Chorden, den man hin und wieder dafür gebraucht findet. Es lassen sich zuvörderst an der innern Wand des Stimmbands mit Bestimmtheit drei Zonen unterscheiden, eine obere, mittlere und untere.

1) Die obere Zone (Fig. 36. 9, 37. 10, 38. *A* 6, *B* 5.) bildet (wenigstens bei Erwachsenen) den scharfen Rand des Stimmbands, der aber oft nach hinten zu an Schärfe verliert und sich etwas abrundet. Ihre Fasern erstrecken sich seitwärts vom Rande $^1/_2$—1''' nach dem Boden des Atriums hin, dessen Fortsetzung nach innen sie bilden, abwärts reichen sie etwa in einer Breite von $^1/_2$'''. Sie entspringen mit einem kolbenförmigen Büschel an dem Winkel, den die Ventrikel- und Glottisrinne mit einander machen, in der in Fig. 38 *A*. *B*. angedeuteten Ausdehnung, und inseriren sich am Giesskannenknorpel, die obersten Fasern etwa da, wo die vordere Kante in den Vokalfortsatz übergeht; die tiefern auf dem obern Rande der dickern Hälfte dieses Fortsatzes selbst, in einer auf diese Weise gebildeten schiefen, sattelförmigen, bis zur Spitze des Stimmfortsatzes reichenden Fläche, so dass die untern und innern Fasern etwas weiter vorn sich ansetzen, als die obern und äussern. Je schärfer jene Kante des Giesskannenknorpels und je tiefer die hintere Endigung des Atriums ist, desto schärfer tritt die Kante des Stimmbands vor dieser Insertion hervor. Bei kleinen Kindern liegt diese Zone in einer schief von aussen nach innen und unten geneigten Ebene, ohne eine vorspringende Kante zu bilden, die hier von der 2. Zone gebildet wird, wenn sie überhaupt vorhanden ist, da die Stimmbänder der Kinder mehr wulstförmig sind, fast wie die obern Glottisbänder. Die elastischen Fasern sind in dieser Zone gedrängter, aber auch feiner, als in den andern.

2) Die mittlere Zone (Fig. 36. 1, 37. 11, 38. *A* 7.) schliesst sich an die obere nicht ganz unmittelbar an. Sie entspringt gleich unter der obern, von ihr durch einen Einschnitt getrennt, sonst in ähnlicher Weise, wie dieses, liegt in einer Ebene, die die Richtung des Stimmbands überhaupt bestimmt, hat dünner oder

weniger gedrängt stehende Fasern, die sich (an in Spiritus aufbewahrten Kehlköpfen) oft als 2—3 genau parallel laufende, durch seichte Vertiefungen von dunklerer Farbe getrennte Streifen wahrnehmen lassen, und inserirt sich in einer Breite von etwa 1''' an der Spitze und der vordern Kante des Vokalfortsatzes, deren faserknorpliches Gewebe sich in die Fasern dieser Zone fortzusetzen scheint, ausserdem tragen die oberflächlichen Fasern derselben zur Bildung des elastischen Ueberzugs der innern Fläche des Stimmfortsatzes bei. Sowie die Fasern der obern Zone, so sind auch die der mittlern in der Regel von ungleicher Länge, nicht nur in Folge der Deklivität der Ursprungsstelle im Schildknorpelwinkel, sondern auch weil die vordere Kante des Stimmfortsatzes Insertionspunkte von verschiedener Distanz (von der vordern Insertion) darbietet. Im Allgemeinen sind die Fasern dieser Zone ein wenig kürzer, als die der obern; sie treten für gewöhnlich etwas gegen die der obern zurück, so dass die ganze mittlere Zone an Spirituskehlköpfen, zuweilen auch an frischen, wenn man den Stimmfortsatz nach innen bewegt, als eine seichte Vertiefung, die von der obern und untern Zone begrenzt ist, erscheint. Die Breite der mittlern Zone ist grösser, als die der obern (innern Theils), nämlich bei Männern etwa 1''', bei Weibern weniger. Bei Kindern tritt sie mehr hervor, als die andern. Von der obern Zone wird sie durch die Spitze oder oberste Stelle der vordern Kante des Stimmfortsatzes getrennt.

3) Die untere Zone (Fig. 37. *A* 12, 38. *A* 8.) begreift die Fasern, welche das Stimmband nach unten begrenzen und in das gemeinschaftliche elastische Gewebe des Kehlkopfs zurückführe. Sie anastomosiren stärker mit einander, und bildenden Wulst, welcher am geöffneten Kehlkopf erscheint, sobald man den Stimmfortsatz stark nach innen bewegt und dabei nach unten neigt. Die Fasern dieser Zone werden bald nach ihrem Abgange aus dem Schildknorpelwinkel durch unregelmässig sich verfilzende andere Fasern niedergezogen. Sie setzen sich endlich zumeist an der untern Kante des Stimmfortsatzes an, haben also ziemlich gleiche Länge mit den der 2. Zone. Einige Fasern gehen zwar daran vorüber bis zum Ligamentum triquetrum, doch hat diese grössere Länge in akustischer Hinsicht keine Bedeutung, da bei Aneinanderlegung beider Stimmfortsätze nur die zwischen diesen und dem Schildknorpelwinkel frei schwingenden Portion derselben in Betracht kommen können. In akustischer Hinsicht muss man aber wohl noch die obersten Fasern des anstossenden elastischen Gewebes der untern Kehlkopfsportion zu dieser untern Zone des Stimmbands rechnen, zumal da ein Theil des Musc. thyreo-arytaenoideus noch dahinter liegt, und dieselbe hervordrängen kann.

Die Schleimhaut, welche das Stimmband überzieht, ist an der obern und mittlern Zone sehr dünn, seröser Natur, da sie der Drüsen ermangelt, und vom darunter liegenden elastischen Gewebe auf anatomischem Wege nicht trennbar. Man kann zwar in der Gegend des Stimmfortsatzes die Schleimhaut von demselben mit der Pincette abheben, aber wenn man sie einschneidet und ablöst, so nimmt man einen Theil der elastischen Fasern, die darin liegen, mit fort. Die Schleimhautbedeckung der untern Zone dagegen lässt sich ohne Schwierigkeit ablösen und es erscheinen dann zahlreiche Follikel. Man kann daher die Grenze der mittlern und untern Zone hiernach bestimmen.

Noch ist zu bemerken, dass bei den Lageveränderungen des Giesskannenknorpels auch die Richtung der 3 Zonen des Stimmbands, wenigstens

der hintern Portion desselben etwas verändert werden kann. Die Kante dieser Portion des Stimmbands sieht beim Einwärtsdrehen des Stimmfortsatzes mehr nach aussen, während zwischen oberer und mittlerer Zone sich eine neue Kante bildet, die sich erst in der Mitte des Stimmbands mit der Hauptkante vereinigt. Ausserdem wird das ganze Band bei geschlossener Glottis durch Senkung (ohne Drehung) des Stimmfortsatzes nach hinten zu etwas breiter, bei geöffneter Glottis, wo der Stimmfortsatz wieder gehoben wird, etwas schmäler, weil im erstern Falle die Insertionspunkte der einzelnen Fasern mehr divergiren, im andern Falle mehr konvergiren. Endlich ändert sich auch die Stellung der innern Fläche des Stimmbandes bei den verschiedenen Oeffnungsgraden der Stimmritze: bei weit geöffneter Stimmritze steht dieselbe fast genau senkrecht, mit Ausnahme der vordern Partie, so dass sie mit den untern Partien der innern Kehlkopfsfläche in fast gleicher Ebene steht, bei geschlossener Glottis dagegen weicht die Richtung der Innenfläche der Stimmbänder von der der untern Partien des Kehlkopfsüberzugs ab, und steht zu denselben in einem mehr oder weniger stumpfen Winkel.

Ebenso, wie nach der Dicke oder Höhe, kann auch der Breite nach das Stimmband in 3 Zonen getheilt werden: in eine innere, mittlere und äussere (Fig. 38. *B. C.*). Die innere (*B.* 5) ist die seitliche Fortsetzung der obern Zone oder die Randzone J. Müllers, welche bei den von ihm beobachteten sogen. Fisteltönen schwingt, und welche auch dann noch schwingt, wenn eine aufgesetzte Pincette auf die 2. oder mittlere Zone dämpfend ein wirkt. Sie ist sehr schmal, etwa 1 bis $1\,^1/_3'''$ breit und endigt über der Spitze des Vokalfortsatzes. Unter ihr liegen noch keine Muskelfasern. Die mittlere Zone (*B.* 6, *C. b*) ist breiter, geht über die Stimmritze hinaus, längs des Vokalfortsatzes hin, wo ihre Fasern sich, etwas weiter hinten, als wo der Vorhof des Ventrikels aufhört und in das Filtrum übergeht, in den Schleimhautüberzug des Knorpels fortsetzen (*A.* 5). Ihre Fläche liegt hier nicht mehr horizontal, sondern fällt etwas nach innen ab. Die Schwingungen derselben hören auf, wenn man die Pincette zu beiden Seiten der Spitzen der Vokalfortsätze einsetzt. Sie ist am hintern Ende etwa 1 bis $1\,^1/_3'''$ breit, am vordern Ende des Stimmbands etwa ebenso, in der Mitte dagegen etwas breiter; ihr innerer Rand reicht bis zum Anfang der Ventrikelrinne, wo sie ziemlich markirterweise in die dritte, äussere (*B.* 7, *C. c*) oder mitschwingende Zone, die den Grund jener Rinne bildet, zu den wesentlichen Eigenschaften des Tones aber nicht sonderlich beiträgt, übergeht. Diese dritte Zone liegt ziemlich in gleicher Ebene, wie die mittlere, ist kürzer, bereits mit einer deutlichen Schleimhautschicht bedeckt, zeigt an Spirituspräparaten eine dunklere Farbe und Runzelung, und gehört der untern Wand des Ventrikels an, weshalb sie auch keine bestimmte äussere Grenze zeigt. Zuweilen ist die erste oder innere Zone nicht hinlänglich entwickelt oder ihr freier Rand stumpf, in welchem Falle das Fistelregister schlecht entspricht. Unter der mittlern Breitenzone des Stimmbands liegt das Stratum internum des M. thyreo-arytaenoideus, unter der äussern das Stratum externum desselben Muskels.

Der sehr spitze Winkel, unter welchem die Stimmbänder vom Schildknorpel entspringen, erweitert sich nach unten allmälig, und zwar dergestalt, dass durch die Verlängerung beider hiesigen Insertionslinien eine Cissoide —^— entsteht, wenigstens als solche sich darstellt, wenn man die Schildknorpelflügel des hinten geöffneten Kehlkopfs auseinander schlägt. Diese Cissoide wölbt sich nach hinten zu, um unterhalb des Stimmfortsatzes

wieder aufwärts zu steigen, und grenzt auf diese Art die ganze Masse des Stimmbands, sammt dem dahinter und darunter gelegenen Musc. thyreo-arytaen. und dem in die Kehlkopfhöhle vorragenden Theil des Giesskannenknorpels vom übrigen Kehlkopfraume ab (S. Fig. 36.). Die Konvexität dieser Linie liegt übrigens fast genau dem untern Rande des Schildknorpels gegenüber. Sticht man eine Nadel von aussen am untern Rande des Schildknorpels etwa an der Stelle, wo die Arteria laryngea inferior eindringt (Fig. 42. *n*), in zur Ebene des Schildknorpels senkrechter Richtung in die Kehlkopfhöhle, so erscheint sie daselbst fast genau an der tiefsten Stelle jener Kurve. Innerhalb des von beiden Schenkeln jener Cissoide gebildeten Winkels (36. *t*) entspringen die innern Fasern für das Ligamentum crico-thyreoideum anterius s. Ligam. conicum. (S. Fig. 24. *A*. 8 und Fig. 36. *u*.). So heist nämlich derjenige Theil des elastischen Gewebes des Kehlkopfs, welcher vom untern Rand des Vordertheils des Schildknorpels nach dem obern Rand des Ringknorpelbogens verläuft. Nachdem das elastische Gewebe des Kehlkopfs die beiden Stimmbänder abgegeben hat, überzieht es den dreieckigen Raum, der von jenen Cissoid-Aesten begrenzt ist, und verlässt dann den Schildknorpel, um den zwischen ihm und dem Bogen des Ringknorpels liegenden Raum auszufüllen. Dies geschieht nun nicht bloss auf Kosten des innern elastischen Kehlkopfsüberzugs, sondern noch ausserdem durch starke von der ganzen Dicke des untern Randes des Mitteltheils des Schildknorpels in einer Länge von etwa 4‴ abgehende, nach unten nach Maassgabe der weitern Krümmung des Ringknorpelbogens nach vorn und aussen divergirende Faserbündel, deren Komplex nun in Verbindung mit den innern Fasern eine sattelförmige nach unten vorspringende Fläche bildet, die eben das gedachte Band darstellt. Bestimmte seitliche Grenzen hat es nicht, weil das elastische Gewebe sich am ganzen obern Umfange des Ringknorpels inserirt, indessen kann man etwa die Sehne der untern krummen Grenzlinie auf 7‴ festsetzen, wenn man die der obern auf 4‴ annimmt. Die Länge des ganzen Bands ist im Indifferenzzustande des Kehlkopfs in der Mittellinie 3½—4‴, doch lässt es sich durch Rückwärtsbewegen des Schildknorpels bis auf 5—6‴ ausdehnen. Die obere Grenzlinie des Bands hat da ihr Ende, wo das elastische Gewebe den untern Rand und überhaupt den ganzen Schildknorpel verlässt, um sich in die Tiefe des Kehlkopfraums zu begeben. Rechts und links von jener 4‴ langen Insertionslinie liegt das elastische Gewebe noch ein paar Linien lang hart hinter dem untern Rand des Schildknorpels und hängt mit ihm durch Zellgewebe zusammen, so dass man die Breite des Bandes noch um einige Linien höher angeben kann. Präparirt man jenes verbindende Zellgewebe längs des untern Schildknorpelrandes vorsichtig weg, so erscheinen die untern Fasern des Musc. thyreo-arytaenoideus. Durchaus getrennt vom untern Schildknorpelrande wird die elastische Membran erst von der Stelle an, wo die Fasern des Musc. crico-thyreoideus sich an die innere Fläche des Schildknorpelflügels ansetzen. Die innere Schicht dieses Bands hat, wie schon erwähnt, längere Fasern, welche aus dem Winkel des Schildknorpels unter den der Stimmbänder entspringend und nach unten strahlenförmig divergirend nach unten gehen, sodann nach hinten zu sich in den dem Ringknorpel angehörigen Ueberzug fortsetzen. Die Dicke oder der Querdurchschnitt des Ligam. crico-thyreoid. ist namentlich in der Mitte sehr ansehnlich und übertrifft selbst die der Stimmbänder (Fig. 37. *A*. 14). Zwischen

dem Ligam. conoideum, den beiden Stimmbändern und dem innern Saum des obern Rands der Seitentheile des Ringknorpels bleibt noch ein dreieckiges Stück der elastischen Kehlkopfshöhlenbekleidung übrig, das also die Fortsetzung des Lig. conoideum nach hinten und die des Stimmbands nach unten darstellt. Von aussen wird diese Membran, die von Garcia *Membrane vocale* genannt wird, vom Stratum ary-syndesmicum und thyreo-arytaenoideum externum des M. crico-thyreoaryt. bedeckt, auch liegen noch die vordersten Fasern des M. crico-thyreoideus zum Theil auf ihr.

An der Lamina cricoideae setzt sich das, bisher durch die Giesskannenknorpel und Stimmbänder abgehaltene, elastische Gewebe etwa in folgender Weise fest an. Die Linie, in welcher diese Insertion stattfindet, liegt im Allgemeinen etwas unter dem innern Limbus des obern Randes, unter der innern Insertion des Ligam. triquetrum und capsulare. Von hier an kleidet dies Gewebe, allmälig fibröse Natur annehmend, die ganze innere Fläche des Ringknorpels aus, ohne irgend etwas Bemerkenswerthes darzubieten, bis es unterhalb des untern Randes dieses Knorpels seine Elasticität wieder geltend macht als Ligam. crico-tracheale. Schon etwas über dem untern Rand des Ringknorpels werden die Fasern des innern Ueberzugs allmälig kreisförmig, welche Anordnung sie von nun an beibehalten.

Tourtual unterscheidet in dem untern Kehlkopfraume zwei Seitenmembranen, die durch die in der Richtung der Stimmbänder herabsteigenden Fasern von einander geschieden sind, die vordere dreieckige, vom Ligam. conoideum gebildete Wand, und die hintere von der Lamina cricoideae gebildete Wand. Doch lassen sich diese Wände nicht genau unterscheiden, da sie nicht in Winkeln zusammenstossen. Der Raum, der von diesen sogenannten Wänden begrenzt ist, hat unten eine ovale Basis, (Fig. 50. *h*) die an die Luftröhre sich anschliesst, und plattet sich zu beiden Seiten von dem obern Rand der Seitenplatten des Ringknorpels aus zu beiden Seiten beilförmig ab, bis er oben von der Stimmritzenöffnung begrenzt wird.

Physicale Eigenschaften des elastischen Fasergerüstes des Kehlkopfs. Die mikroskopische und chemische Untersuchung giebt uns keine Einsicht in die wahre Natur desselben, mehr ist von der Untersuchung der physikalen Eigenschaften zu erwarten. Vorläufig dürfte es zur Beurtheilung der Erscheinungen, welche die elastischen und muskulösen Gebilde des Kehlkopfs und seiner Anhängsel uns bald darbieten werden, nicht unangemessen sein, wenn wir dem Leser einige auf die Kohäsion und Elasticität der Körper bezügliche physikale Begriffe und Gesetze in das Gedächtniss zurückrufen.

Unter Kohäsion verstehen wir die Kraft, durch welche die Massentheilchen oder Atome eines und desselben festen Körpers zusammengehalten werden. Der Widerstand, welchen ein Körper, vermöge seiner Kohäsion beim Zerreissen leistet, heisst seine absolute Festigkeit oder sein Festigkeitsmodulus; der, welchen er beim Zerbrechen leistet, seine relative Festigkeit; die Kraft, die man braucht, um ihn zu zerdrücken, die zurückwirkende Festigkeit desselben. Die absolute Festigkeit wächst mit der Grösse des Querschnitts des Körpers. Vor dem Zerreissen verlängert sich der Körper und wird an der Trennungsstelle dünner. Die Moleküle desselben haften dann lockerer an einander, und vermögen der äussern Einwirkung nicht mehr, wie bisher, nachzugeben: der Körper wird weicher. Im engern Sinne nennt man einen Körper, zur Unterscheidung von andern, weich, wenn er einer Kraft (einem Druck), die ihn auf einen

kleinern Raum reduciren will, wenig Widerstand leistet, hart dagegen, wenn das Gegentheil geschieht.

Wenn nun der Körper nach Wegnahme der Kraft, welche seine Gestalt oder seine Raumerfüllungsweise zu ändern (zu verschieben, zu verbiegen, zu vergrössern oder zu verkleinern) strebte, wieder zu seiner vorigen Gestalt zurückkehrt, so ist er elastisch. Wir können mindestens dreierlei Arten von Elasticität annehmen, ausdehnende (expansive), zusammenziehende (kontraktive) und federnde oder rückbiegende. Die erstere finden wir hauptsächlich bei Dämpfen und Luftarten, aber auch bei vielen Aggregaten aus festen elastischen Körpern, z B. Eiderdunen, Pferdehaaren, Stahlfedern u. s. w., welche nach ihrer Zusammendrückung (daher auch der Name Kompressionselasticität) wieder ihren vorigen Raum auszufüllen streben. Man nennt sie deshalb Kompressionselasticität, weil die Kraft, welche sie zur Erscheinung kommen lässt, eine Raumverminderung des Körpers ist, an dem sie auftritt. Die zweite Art, die kontraktive Elasticität, zeigen solche Körper, welche nach ihrer Ausdehnung oder Verlängerung (daher der Name Tensionselasticität) wieder auf ihre vorige Länge zurückkehren. Es gehören hierher verschiedene Metalle, wenn sie zu Draht ausgezogen worden sind, viele organische Substanzen, namentlich Kautschuk und die elastischen Gewebe des thierischen und menschlichen Körpers. Man nennt solche Körper auch dehnbar elastisch, weil die Kraft, welche ihre Elasticität zur Erscheinung bringt, eine Dehnung ist. Die dritte Art ist eigentlich eine Zusammensetzung aus den beiden ersten. Die Kraft, welche sie zur Geltung bringt, strebt den Körper nicht auszudehnen, nicht zu verlängern, sondern umzukrümmen, zu biegen. Es verhält sich demnach diese Art der Elasticität wie die relative Festigkeit der Körper. Bei jeder Umkrümmung oder Biegung theilen sich die Atome des Körpers in drei Reihen. Die erstere liegt auf der konvex gewordenen Seite des Körpers: die Atome sind hier von einander entfernt worden, auf der Aussenfläche des Körpers am meisten, nach dem Centrum des Querdurchschnitts zu allmälig weniger. In der zweiten oder Centralschicht des Körpers behalten die Moleküle die dem Gleichgewicht desselben entsprechende Anordnung; sie erleiden nur eine kleine Drehung. In der dritten, auf der konkaven Seite des Körpers liegenden Schicht oder Zone sind die Atome einander mehr genähert, zusammengedrängt. Ein Beispiel dieser Elasticitätsform giebt jeder nicht zu dünne, noch mit seiner frischen Rinde bedeckte Weiden- oder Haselstock. Wenn man diesen stark biegt, so weichen die Theilchen der Epidermis, welche auf der konvex gewordenen Seite liegen, bis zum Reissen auseinander, die der konkaven Seite dagegen runzeln sich. Besitzt der elastische Körper in seinem Gleichgewichtszustande die Form einer Spirale (z. B. Stahlfedern, Thierhaare u. s. w.), so äussert er seine elastische Kraft (s. w. u.) sowohl in Folge von Expansion, als von Kompression, d. h. sowohl bei Verminderung, als auch bei Vermehrung der Spiralkrümmung. Eine Abart der Federelasticität ist die Torsions- oder Drehungselasticität, welche durch Spiraldrehung angeregt wird. Sie findet besonders bei bandartigen oder solchen fadenartigen elastischen Korpern statt, deren Querschnitt nicht völlig kreisrund, sondern oval oder elliptisch ist. Aber auch an zwei oder mehr völlig cylindrischen, einander parallelen Fäden, mögen sie dehnbar elastisch sein oder nicht, lassen sich die Funktionen dieser Elasticitätsart darstellen, sobald man sie von ihrer Mitte aus in raschem Tempo

übereinander dreht und dann einen, diese Spiraldrehung wieder aufhebenden Längenzug einwirken lässt.

Die Elasticität der Körper ist eine vollkommene oder unvollkommene. Vollkommen elastisch ist ein Körper, wenn er nach Wegnahme der ihn bis auf ein gewisses Maximum dehnenden oder komprimirenden Kraft wieder genau zu seinem vorigen Volumen zurückkehrt, unvollkommen elastisch ist er, wenn letzteres nicht geschieht. Der Raum, den der Körper bei dieser Rückkehr durchläuft, also beziehendlich leer macht oder ausfüllt, bestimmt die Elasticitätsgrenze des Körpers, innerhalb welcher er also die Funktionen seiner Elasticität geltend machen kann.

Die Grösse der Elasticität wird bestimmt von dem Widerstand, den der elastische Körper seiner Drehung oder Zusammendrückung entgegensetzt. Gemessen wird sie durch den Elasticitätsmodulus, als dessen Einheit man gewöhnlich das einem bestimmten Querschnitt des Körpers entsprechende Beschwerungsgewicht annimmt, welches den Körper bis zu seiner doppelten Länge ausdehnt oder beziehendlich bis zur Hälfte seines Raums zusammendrückt. Da die meisten dehnbaren Körper schon vor Erreichung dieses Zieles reissen, so muss man hier den Elasticitätsmodulus aus einem geringeren Gewicht und der ihm entsprechenden Verlängerung berechnen. Denn der Begriff des Elasticitätsmodulus erfordert, dass die Veränderung die Elasticitätsgrenze nicht überschreitet.

Man kann sich die verschiedenen Beziehungen der Elasticitätsgrössen unter dem Bilde dreier, entsprechend langer und einander senkrecht durchschneidender Linien, welche man die Elasticitätsaxen nennt, vorstellen. Die Oberfläche des von ihnen für gewisse gegebene Bedingungen bestimmten Umdrehungskörpers heisst die Elasticitätsfläche, und ein in einer gewissen Richtung von dieser geführter Durchschnitt die Elasticitätskurve.*)

Je dehnbarer ein elastischer Körper, z. B. ein Kautschukband, desto grösser ist seine Elasticitätsweite, oder die Länge des Raumes, den der Körper durchläuft, wenn er von einer gewissen Kraft ausgedehnt wird. Ein dünnes Kautschukband wird daher eine grössere Elasticitätsweite besitzen, als ein dickeres von gleicher Länge und Breite.

Unter elastischer Kraft versteht man die Aeusserung desjenigen Grades von Elasticität, welcher die kleinsten Theile des Körpers, z. B. eines Muskels, in einer bestimmten Lage erhält, und die einmal angenommene Stellung bei jeder Gelegenheit zu bewahren oder wieder zu erlangen strebt.

Nach diesen Vorbemerkungen kehren wir zu den elastischen Gebilden des Kehlkopfs zurück. Am genauesten hat sich bis jetzt Harless**) mit den physikalen Verhältnissen derselben beschäftigt. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in Kurzem folgende. Ein Stück des Ligam. cricothyreoideum eines 32jähr. Mannes von 7,8 Millimeter Länge, 3,5 Breite und 1,1 Dicke wurde durch 10 Gramme um fast 13 % der Länge ausgedehnt. Dies war die stärkste Ausdehnung, deren es fähig war: die nächsten 10 Gm. dehnten nicht weiter aus; bei weiterer Belastung bis auf 2671 Gm. riss es entzwei. Die absolute Festigkeit für 1 Quadratmillim. Querschnitt beträgt demnach 7,18 Kilogrammmillimeter. Für ein 28jähr. Mädchen betrug dieser

*) Valentin Physiol. II. 6. S. 56. §. 3375.
**) Harless a. a. O. S. 517 ff.

Festigkeitsmodulus kaum die Hälfte (3,1). Der Elasticitätsmodulus für 1 Quadratmillim. Querschnitt beträgt bei 10 Gm. Belastung und einer Ausdehnung von 13%=203; bei einer Belastung mit 500 Gm., die das Bandstück noch nicht über die Elasticitätsgrenze hinaus ausgedehnt hatte, 290. Bis zu einer Belastung mit 100 Gm. wächst die Ausdehnung ziemlich genau jener proportional, und zwar bis zu etwa $^1/_3$ der ursprünglichen Länge (welche Angabe mit der vorigen, die die stärkste Ausdehnung als $^1/_8$ angab, nicht recht vereinbar ist). Das Stimmband, bei einer Länge von 15 Millim. (6‴) und einen Querschnitt von $4\,^1/_2$ Millim., liess sich bei Harless' Versuchen durch Bewegung des Schildknorpels um $^1/_3$ seiner Länge ausdehnen, ohne an Elasticität zu verlieren; wurde es dagegen um $^2/_5$ und darüber ausgedehnt, so kehrte es nicht mehr zu seiner ursprünglichen Kürze zurück und riss bei noch etwas stärkerer Belastung. Dabei war zu bemerken: 1) Dass das Band geringen Belastungen (den ersten Graden der Belastung) nur geringen Widerstand leistete, während derselbe bei wachsender Belastung immer mehr zunahm; 2) dass die Ausdehnung sprungweise erfolgte, aber nur, wenn vorher alle Gewichte weggenommen waren, und nun sofort ein grösseres Gewicht, als das vorige, aufgelegt wurde. Von 70 Gm. an bis 140 (kontinuirlich) blieb die Ausdehnung auf 120 stehen, dann (nach vorgängiger Relaxation) von 150—170 auf 122,6 und stieg bei fernerer Belastung bis zu 462 auf 130: neue Relaxation; dann bei 562 Sprung auf 133, welche Ausdehnung bis bei 1062 Belastung nicht mehr überschritten wurde. Dies war das Maximum der Elasticität; von nun an erfolgte Verlängerung des Bands verhältnissmässig bedeutender, aber mit Verlust der Elasticität und der Riss erfolgte bald. Die Kautschukbänder, nach E. Weber*) auch die Muskeln, zeigen ein ähnliches Verhalten. Uebrigens erfolgte dieselbe Ausdehnung auch, wenn ohne Relaxationen die Gewichte successiv bis 1062 Gm. aufgelegt wurden. — Das Ligam. cricothyreoideum setzt geringeren Zugskräften einen mehr als 6mal grössern Widerstand entgegen, als das (weit schmälere) Stimmband: bei beträchtlichern Zugskräften dagegen ist die Widerstandsgrösse des Stimmbands um 1,2 bedeutender, als die des Ligam. cricothyreoideum. Diese Widerstandsgrösse wächst gleichen Belastungen gegenüber beim Stimmbande um das 10fache, beim Ligam. crico thyreoideum nur um das 1,4fache. Die Ursache dieser Differenz der physikalen Eigenschaften beider Bänder liegt nur in der Faseranordnung, fast gar nicht im specifischen Gewichte. Nach H's. Versuchen beträgt das trockne elastische Gewebe des Stimmbands etwa $^1/_2$mal mehr, als das des Ligam. cricothyreoideum.

Die Stimmritze und der innere Kehlkopfraum.

Die scharfen Ränder beider Stimmbänder sind einander symmetrisch zugekehrt, aber nicht vollständig quer, sondern sich zugleich etwas aufwärts kehrend, so dass sie bei der Exspiration leichter von einander entfernt werden können. Im gewöhnlichen, tonlosen Zustande zeigt der Stimmbandrand vom Schildknorpelursprung bis zur Insertion am Stimmfortsatz eine flache Krümmung oder Einbuchtung nach aussen, welche besonders an ältern Individuen auffällig ist. S. Fig. 39 A'. Nach hinten werden die Stimmbänder

---

*) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 3. Braunschweig 1846. — Müller's Archiv für Physiologie 1846. Heft 6.

als integrirender Theil der Seitenwand der Kehlkopfshöhle fortgesetzt durch den Schneppenknorpel, zunächst durch den Stimmfortsatz desselben, und es setzt sich die das Stimmband überziehende Schleimhaut in einer zweiten kürzern Ausbuchtung zwischen die innern Flächen beider Schneppenknorpel fort.

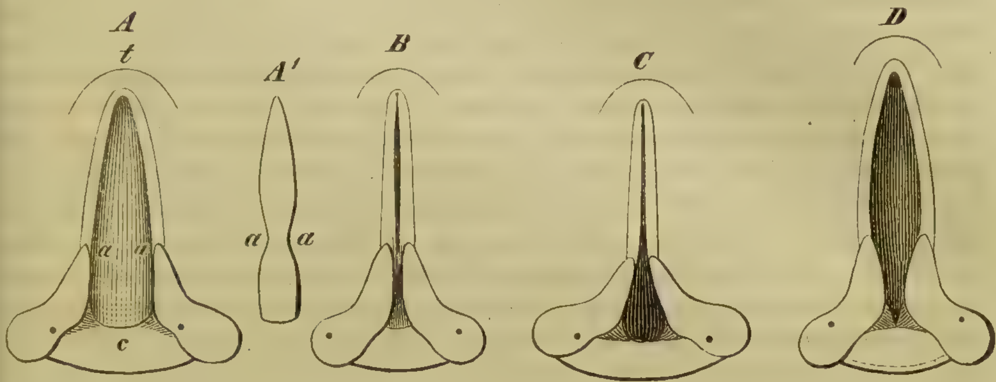


Fig. 39.

So entsteht zwischen den beiden Stimmbändern eine lanzettförmige, nach vorn zugespitzte, beim Manne etwa 7''' lange Spaltöffnung, welche nach hinten, von den Spitzen der beiden Stimmfortsätze an, noch einen etwa 4''' langen Anhang hat, so dass das Ganze eine 11''' lange Spalte bildet: die Stimmritze, Glottis, Rima vocalis.

Ueber die Begriffsbestimmung der Stimmritze ist man keineswegs einig, und ist eine solche auch merkwürdigerweise noch nie mit gehöriger Schärfe vorgenommen worden. Diejenigen, welche von einem obern und untern Stimmritzenbande sprechen, verlegen folgerecht die Stimmritze zwischen die Ränder der eigentlichen Stimmbänder und die Wulste der Taschenbänder. Diejenigen, welche das phonische Moment hier in den Vordergrund stellen und dabei voraussetzen, dass weder die Taschenbänder, noch der Zwischenknorpelraum primär zur Tonbildung etwas beitrage, verlegen die Glottis lediglich zwischen die Stimmbänder. Diejenigen endlich, welche in Erwägung ziehen, dass die Glottis ausser der Stimmbildung auch den Zweck hat, die Luft behufs anderer Zwecke durchpassiren zu lassen, und dieselbe vielleicht auf noch unbekannte Art durch die hier stattfindende Einengung in ihren physikalisch-chemischen Verhältnissen zu modificiren, geben der Glottis eine grössere Ausdehnung, und sprechen von einer Glottis vocalis (Stimmritze) und Glottis respiratoria (Athmungsritze), unter welcher letzteren sie den zwischen beiden Giesskannenknorpeln befindlichen Kehlkopfraum verstehen. Es liegt auf der Hand, dass wir über den Begriff Stimmritze erst dann klar werden können, wenn wir mit Bestimmtheit erfahren haben werden, welche Theile des Kehlkopfs bei der Stimmbildung thätig sind. Da nun die bisherigen Untersuchungen in dieser Hinsicht noch zu keinem bestimmten Resultate geführt haben, und da wir unsern Untersuchungen nicht vorgreifen wollen, so lassen wir diese Definition einstweilen noch ausgesetzt, und unterscheiden, wo ein solcher Unterschied nöthig ist, zwischen der ligamentösen und der knorpligen (Portion der) Stimm- oder Athmungsritze. Wo wir schlechthin von der Stimmritze reden, da verstehen wir nur die erstere Portion, und zwar, wie dies später noch genauer erör-

tert werden soll, den Raum zwischen den beiden Stimmbändern, soweit dieselben schwingungsfähig sind. Wo wir beide Portionen zusammenfassen wollen, da dürfte der Ausdruck Glottis oder Gesammtglottis der angemessene sein.

Die Länge der Glottis hängt ab von dem Abstand des innern Schildknorpelwinkels von der Lamina cricoideae; die Länge der Stimmritze von der der Stimmbänder allein. Harless ist im Irrthum, wenn er sagt, die Länge der Glottis sei abhängig von der Länge der Stimmbänder und von der Stellung der Cartilagines arytaenoideae. Letztere können das hintere Ende der Gesammtglottis nicht verrücken, und die Länge der erstern wird mehr von der Bewegung des Schildknorpels, mögen wir sie als scheinbare (wie die der Sonne oder des Mondes) oder als wirkliche annehmen, als von der der Aryknorpel bewirkt. Wo sonst nichts anderes bemerkt wird, verstehe ich unter Länge der Glottis stets die Länge der Conjugata*) laryngis, von der vordern Insertion der Stimmbänder an bis zum Mittelpunkt der innern Lippe des obern Randes der Lamina cricoideae; unter Länge der Stimmritze dagegen den Raum zwischen der vordern und hintern Insertion des Stimmbands, welcher allerdings durch starkes Auswärtsdrehen der Giesskannenknorpel etwas verkürzt werden kann.

Die Breite der Glottis, d. h. der Abstand der Stimmbänder und Giesskannenknorpel von einander, hängt wesentlich mit der Form der Glottis zusammen, und diese hängt durchaus und zunächst von den Bewegungen der Giesskannenknorpel ab. Je nach den verschiedenen Bewegungstypen derselben sind vier Grundformen der Glottis möglich

1. Die vollständig geöffnete Glottis, wie sie beim gewöhnlichen Athemholen sich verhält. Hier sind, wenn wir die Glottis als vorher geschlossen annehmen, die Stimmfortsätze der Ary-knorpel wie zwei Thürflügel auseinander geschlagen, und auch die Angelpunkte dieser Knorpel von einander entfernt. Die Glottis erhält so die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Spitze nach vorn, dessen Basis, die höchstens ein Drittel der Länge der Schenkel hat, nach hinten gekehrt ist. Fig. 39. *a* veranschaulicht diese Verhältnisse so ziemlich richtig, während die von Harless gegebene Figur (S. 566 *A*) etwas roh und übertrieben ist. Bei *a a* (*A'*) wird die Glottis, bei geringern Oeffnungsgraden, durch die Spitzen der Stimmfortsätze der Giesskannenknorpel etwas eingeschnürt oder verengt, und so in die beiden, bereits erwähnten Portionen getheilt. Wir sehen auch, dass durch den Raum *a c a* mindestens ebenso viel Luft strömen kann, als durch *a t a*, und dass wenigstens aus diesem Grunde der Ausdruck Glottis respiratoria jener Portion nicht unangemessen ist.

2. Die vollständig geschlossene Glottis (Fig. 39. *b*) wie sie bei den meisten phonischen Vorgängen sich darstellt. Dadurch, dass beide Giesskannenknorpel gegen einander gerückt sind, ist sowohl die hintere, als auch die vordere Abtheilung der Glottis geschlossen und in eine lineare Spalte verwandelt. Während der Tonbildung kann sich die Spalte *a t a* mehr oder weniger, immer aber nicht viel und in der Mitte, als Maximum, nicht über $1\frac{1}{2}'''$ erweitern, wobei auch die beiden Stimmfortsatzspitzen sich ein wenig von einander entfernen können. In phonischer Beziehung ist es oft interessant, zu wissen, wie gross die bei diesem Schluss der Glottis statt-

*) Analog der Conjugata (sc. linea) pelvis, dem von vorn nach hinten gezogenen Durchmesser des Beckenraums.

findende Berührungsfläche ist. In der Regel berühren sich hier die beiden ganzen innern Flächen der Giesskannenknorpel sammt den Santorinischen Knorpelaufsätzen, während die Wrisberg'schen Knorpelstreifen nebst ihren Köpfchen einige Linien von einander entfernt bleiben. Doch können auch diese (bei manchen Kehlköpfen, wo sie mehr entwickelt sind, als die Santorini'schen) beim Glottisschluss sich fast bis zur Berührung nähern, sobald aber die Epiglottis sehr gehoben ist, treten sie mehr auseinander. An längere Zeit in Spiritus aufbewahrten, sowie an Kehlköpfen alter Leute bleibt, auch wenn die hintere Portion der Glottis vollständig geschlossen ist, zwischen beiden Stimmbändern gewöhnlich noch ein schmaler, vorn und hinten spitz zulaufender Spalt. Bei der Tonbildung liegen entweder nur die beiden scharfen Ränder (die obere Zone) der Stimmbänder lose gegen einander, oder es werden die obere und mittlere Zone beider Stimmbänder gegen einander bis zur Berührung bewegt s. Fig. 38 *C. D.*

3. Die eigentliche Stimmritze ist geschlossen, während die hintere Abtheilung der Glottis noch zum Theil offen steht. (Fig. 39. *c.*) Hier berühren sich die Giesskannenknorpel nur mit den Spitzen der Stimmfortsätze, die Grundflächen der Knorpel stehen aber noch mehr oder weniger auseinander, so dass zwischen denselben noch eine Oeffnung bleibt. In diesem Falle unterschied man nun eben früher den hintern Raum der Glottis als Gl. respiratoria, welcher Name aus der falschen Voraussetzung, dass der Athmungsluft, um den Chemismus der Respiration nicht aufzuhalten, ein freierer Weg gestattet werden müsse, gewählt wurde. Letzteres ist aber auch bei völlig spaltförmigem Verschluss der Stimmritze nicht zu befürchten, da beim Stimmgeben die Spalte sich hinreichend erweitert. Dennoch aber hilft, wie Harless meint, jener hintere Theil der Glottis durch sein Offenbleiben der willkührlichen Oekonomie des Athmens nach, indem er als Ventilöffnung wirkt, durch deren Verengung oder Verschliessung der Ton bei abnehmender Windstärke ohne gleichzeitige Mehrspannung der Bänder (wo solche nicht mehr möglich) vor dem Herunterziehen (Detoniren) gesichert werden soll. Gegen diese Ansicht lässt sich Manches einwenden, wir werden später darauf zurückkommen. Die Weite dieser Ventilöffnung fand Harless am ausgeschnittenen Kehlkopf eines 34jähr. Mannes bei schlaffen Bändern 6 Millimeter, bei gespannten 2 Millim. Ihr Längendurchmesser bleibt fast konstant.

4. Die Glottis steht zum Theil in ihrer ganzen Länge offen, wenn nämlich die basischen Theile der Giesskannenknorpel gegen einander gerückt sind, aber die Stimmfortsätze divergiren. (Fig. 39. *d.*) Diese Form der Glottis scheint bei manchen gewaltsamen phonischen Vorgängen, z. B. beim Angstschrei stattzufinden, in geringerem Grade jedoch auch bei manchen anderen Stimmvorgängen. Zuweilen mag es auch vorkommen, dass sich die Stimmbänder nur in ihrer vordern Portion (von der vordern Insertion an in geringerer oder grösserer Länge) gegen einander bewegen, während sie weiter hinten divergiren.

Die Ebene der Glottis ist gegen den Horizont nach vorn etwas geneigt. Diese Neigung wird durch Annäherung des Schildknorpels gegen den Ringknorpel vergrössert, durch blosse Senkung der Stimmfortsätze vermindert. Bei möglichst starker Senkung des Schildknorpels gegen den Bogen des Ringknorpels kann aber auch die Neigung der Stimmbandebene gleich bleiben, wenn dabei die Vokalfortsätze gleichmässig herabsteigen, was so ziemlich schon durch den blossen Zug der Stimmbänder bewirkt wird. Bei grosser

Erweiterung der Glottis sinkt das hintere Ende der Stimmbandebene, nach Harless um 2 Millimeter, beim Schluss derselben steigt es um 2,4 Millim. Dagegen bleibt der Mittelzustand, wenn bei mittlerem Spannungsgrad der Bänder nur die Spitzen der Giesskannenknorpel zur Berührung gebracht werden. Direkt auf und abwärts bewegen lassen sich die Stimmfortsätze bei schlaffen Stimmbändern (nach Harless) um 4 und um $^1/_2$ bis 1 Millim., bei gespannter nur aufwärts um 2 Millim. Bei den Aus- und Einwärtsbewegungen des Giesskannenknorpels geht derselbe auch etwas auf dem Ringknorpelgelenkwulst auf und ab, was die Neigung der Stimmbandebene gleichfalls, doch nicht viel ändert. Diese Neigung gegen den Horizont ist übrigens bei verschiedenen Individuen sehr verschieden, nach Harless von $2^1/_2$ bis zu 31^0; bei Männern soll sie im Allgemeinen um das Doppelte grösser sein, als bei Frauen, was ich aber nicht einräumen kann, und was schon dadurch widerlegt wird, dass die Ringknorpelplatte beim Weibe verhältnissmässig viel höher ist, als die übrigen Knorpel erwarten lassen. Auch ist nach Harless oft grössere Neigung mit geringer Länge der Stimmbänder verbunden. Nach Harless scheint die Möglichkeit der Vergrösserung der Stimmbänderneigung in umgekehrtem Verhältniss zu ihrer ursprünglichen Länge zu stehen.

Ueber die räumlichen Verhältnisse des Kehlkopfs überhaupt äussert sich Harless etwa folgendermaassen. Im Allgemeinen stellt der knorplige Kehlkopf einen seitlich etwas zusammengedrückten Kegel dar, welcher in der Gegend des untersten Viertels seiner ganzen Höhe eine Verengerung besitzt, die circa 5,6 Millimeter des längern Durchmessers eines durch die übrigen Punkte bestimmten Kegelschnitts an dieser Stelle beträgt. Am Schildknorpel nehmen die Querdurchmesser viel rascher ab, als die Längsdurchmesser; am Ringknorpel ist von der Verengerung an noch abwärts die Abnahme der Längs- und Querdurchmesser ganz gleich. Daraus ergiebt sich, dass die Windstärke zunächst unter den Stimmbändern durch jene allseitige Verengerung des Kehlkopfraums beträchtlich vermehrt wird, um sofort mehr in linearer Richtung entsprechend der Lagerung der Stimmbänder zu wirken, wobei schliesslich der Luftstrom in Form eines Prisma und zwar am meisten verdichtet in der Richtung der auf der Basis desselben rechtwinklich stehenden Axe den Rest des Kehlkopfs durchsetzt. Verhältnisse, welche nicht gleichgültig sind, wie sich aus der Betrachtung der Schallbechertheorie ergiebt. Diese Gestalt des Hohlraums wird zwar durch die Schleimhaut und das elastische Gewebe modificirt, doch so, dass sich die wesentlichen Eigenschaften dieser Grundform auch an dem mit anderweitigen und theilweise beweglichen Gewebsmassen ausgekleideten Knorpelgerüst wiedererkennen lassen. — Der Kubikinhalt des Kehlkopfraums lässt sich wegen seiner nicht ganz einfachen Form und bei der Schwierigkeit ganz genauer Messungen an Durchschnitten nicht genau aus diesen berechnen. Harless suchte daher durch Wägung der Wassermenge, mit welcher er den Kehlkopf bei senkrechter Aufstellung vollfüllte, den Rauminhalt seiner Höhle zu berechnen. Aus den dabei erhaltenen Grössen ergiebt sich, dass der Raum des ganzen Organs bei Frauen sowohl als bei Männern sich bedeutend (um etwa 40—50 %) gegen das höhere Alter hin vergrössert, dass er beim Manne durchschnittlich noch einmal so gross ist, als beim Weibe, endlich, dass er in der frühesten Zeit nur wenig kleiner (also relativ viel grösser) ist, als bei dem Kinde von 9 J. Bei Entfernung der Giessbecken-

knorpel von einander steigt der kubische Rauminhalt gegen den bei geschlossener Glottis vorhandenen um etwa 50 %. (Harless a. a. O. S. 543 ff.)

C. Die Muskeln am und im Kehlkopf.

Nachdem wir das äussere und innere Skelet des Kehlkopfs kennen gelernt, nachdem wir die Knorpel dieses Organs, einzeln und in ihrer Verbindung, untereinander sowohl als auch mit dem oberhalb gelegenen Zungenbein und der unterhalb gelegenen Luftröhre, betrachtet, nachdem wir die innere elastisch-fibröse Auskleidung der Kehlkopfshöhle einer genaueren Untersuchung unterworfen und auch die räumlichen Verhältnisse des Kehlkopfraums selbst im Allgemeinen kennen gelernt haben: sind wir zur Betrachtung der Muskeln, welche den ganzen Kehlkopf, so wie die einzelnen knorpeligen und elastischen Theile desselben gegeneinander bewegen, vorbereitet. Die Muskellehre des Kehlkopfs ist eines der schwierigsten Gebiete der menschlichen Anatomie; es kommen hier die kleinsten, verborgensten, komplicirtesten und variabelsten Muskeln zur Betrachtung, viele derselben wirken nach ganz andern Principien und zu ganz andern Zwecken, als die meisten übrigen Muskeln des Körpers, und so ist es wohl kein Wunder, dass bisher dieser Zweig der Myologie des menschlichen Körpers noch nicht zu der Vollendung und Klarheit gebracht worden ist, die wir in andern Zweigen dieser Doktrin vorfinden. Die besten der vorhandenen Arbeiten über die Kehlkopfmuskeln sind von Albinus, Santorini, Weber, Theile, Despiney und Tourtual. Abbildungen derselben haben die drei ersten Anatomen geliefert.

Wir müssen die Kehlkopfmuskeln unterscheiden in solche, welche einzelne Theile (Knorpel) desselben nach andern, ausserhalb gelegenen Organen hinbewegen, und in solche, welche die einzelnen Theile des Kehlkopfs gegen einander bewegen. Muskeln, welche den ganzen Kehlkopf bewegen (Theile), giebt es nicht; eine solche Bewegung kann nur durch Kooperation mehrerer Muskeln, die sich mehrere Angriffspunkte am Kehlkopf nehmen, vor sich gehen. Von den Muskeln, welche den Kehlkopf mittelbar, das heisst mittelst des Zungenbeins, heben, sprechen wir erst bei der Anatomie des Ansatzrohrs. Wohl aber müssen die Niederzieher des Zungenbeins hier mit zur Sprache kommen.

1. Muskeln, welche die Kehlkopfknorpel gegen andere Organe (Knochen) bewegen.

Es sind dies Herabzieher des Kehlkopfs, unmittelbare und mittelbare, Heber und Rückwärtszieher, zusammen 6 Muskelpaare.

1) Musculus sternohyoideus, Brust-Zungenbeinmuskel. (Fig. 40. 6. 7.)

Dieser Muskel, dessen anatomische Verhältnisse ich hier hauptsächlich nach Theile, aber auch nach eignen Untersuchungen wiedergebe, ist dünn, platt, bandartig, und entspringt kurzsehnig in der Breite von etwa einem Zolle von der innern Fläche des Manubrium sterni (7) und des ersten Rippenknorpels (vergl. Fig. 1. 7. 10), auch wohl vom rautenförmigen Bande und meistens selbst noch vom Sternalende des Schlüsselbeins (15). Er steigt gerade in die Höhe, berührt in der Regel den gleichnamigen Muskel der andern Seite durch seinen innern Rand, wird kurz bevor er den Kehlkopf erreicht, schmäler, oben etwas dicker, dabei trennt er sich von seinem Gefährten, so dass schon das Ligamentum conoideum von ihm fast ganz unbedeckt bleibt, geht über den Schildknorpel weg, und inserirt sich theils

kurzsehnig, zumeist aber muskulös an der vordern Fläche des Körpers des Zungenbeins, etwas unter der Crista transversa, beiderseits in einer Breite von etwa 5—6‴ und zwar so, dass beide innern Insertionspunkte noch einige Linien von einander abstehen. Das Zellgewebe, welches zwischen ihm und dem Ligam. hyo-thyreoideum liegt, ist sehr grobzellig und hängt durch longitudinale Nebenbänder mit diesem Ligament zusammen. Das äussere Drittheil der Breite des Muskels liegt bei seiner Insertion über dem Musc. hyo-thyreoideus, ist aber durch eine Muskelscheide von ihm getrennt. Die untern beiden longitudinalen Dritttheile des Muskels decken den Musc. sterno thyreoideus (11). Er selbst wird unten vom Kopfnicker (12), oben vom breiten Halsmuskel zum Theil bedeckt, auch geht der Musc. omohyoideus (8) schief über ihn weg. Bei starker Contraktion beider Muskeln erscheint auf der Luftröhre eine longitudinale Vertiefung.



Fig. 40.

Die Wirkungen dieses Muskels sind folgende. Er zieht das Zungenbein (nebst der Zunge) nach abwärts, und hilft so den Isthmus oris erweitern. Dabei drückt er den Körper des Zungenbeins gegen die Apertur des Kehlkopfs und drückt den Kehldeckel nieder. Endlich übt er, wenn verkürzt und angespannt, einen Druck nach hinten und seitwärts auf den Schildknorpel aus, fixirt ihn auf diese Art in seiner Lage, erschwert dem Musc. cricothyreoideus seine Zusammenziehung, und verhindert so die Verlängerung der Stimmbänder.

2) Musc. omohyoideus, Schulter-Zungenbeinmuskel. (Fig. 40. 8—10.)

Von diesem dünnen, zweibäuchigen Muskel interessirt uns zunächst nur die obere Portion, da jeder der beiden Bäuche nur in seiner Richtung wirken kann (der hintere ist in Fig. 40 bei 10 abgeschnitten: er inserirt sich am obern Rande des Schulterblatts, vergl. Fig. 1 u. 2). Diese obere Portion (8) entspringt von der ein bis anderthalb Zoll oberhalb des Schlüsselbeins liegenden oder vielmehr schwebenden Zwischensehne (9), steigt von hier aus nach oben und etwas nach innen, wird anfangs breiter, nach oben

wieder schmaler, und heftet sich kurzsehnig an den untern äussern Theil der vordern Fläche des Zungenbeinkörpers, dicht neben dem grossen Horn, dem Musc. stylohyoideus (19) gegenüber. Auf seinem Verlaufe überschreitet er den Schildknorpel in der Gegend des untern Theils der Linea obliqua, an welcher Stelle der Muskel eine Einschnürung seiner Muskelfasern zeigt. Ueberhaupt bildet die Protuberantia Thyreoidis inferior die Grenze zwischen Sternohyoideus und Omohyoideus in ihrem Verlaufe. — Der Nutzen dieses Muskels, der zuweilen Varietäten zeigt oder ganz fehlt, ist unzweifelhaft: er hilft das Zungenbein herabziehen, rückt es nach hinten, und kann wohl auch einen gelinden Druck auf den Schildknorpel ausüben.

3) Musc. sterno-thyreoideus, Brustbein-Schildknorpelmuskel. (Fig. 40. 11, 41. *m.*)

Dieser Muskel liegt unter dem Sternohyoideus, entspringt unter dessen Ursprung, aber breiter ($1\frac{1}{2}$—2″) von der innern Fläche des Manubrium Sterni und des ersten bis zweiten Rippenknorpels; steigt, allmählig schmäler und dicker werdend, in die Höhe, und heftet sich fleischig-sehnig am obern Theile der schiefen Linie oder Leiste des Schildknorpels, am meisten an der obern Protuberanz an; seine Insertion liegt der des Musc. hyo-thyreoideus so ziemlich gegenüber, auch gehen die hintern Fasern des Sternothyreoideus in der Regel in letztern Muskel hinüber (*n*), so wie er auch oft einige Fasern an den Laryngo - pharyngeus abgiebt. Oberhalb des Brustbeins wird dieser Muskel in der Regel von einem schmalen queren Sehnenstreif unterbrochen. Er liegt auf der vordern und seitlichen Fläche der Schilddrüse (*i*), deren Horn beiderseits meistens bis zur Crista thyreoideae reicht. Sein äusserer Rand ist dicker als der innere, und berührt die innere Drosselader: auch habe ich von diesem Muskel Fasern nach hinten und unten an die Vagina carotidis abgehen sehen, die auf dieser nach unten verliefen. Auch inseriren sich oft einige Fasern an den zellig-fibrösen Ueberzug der Schild-

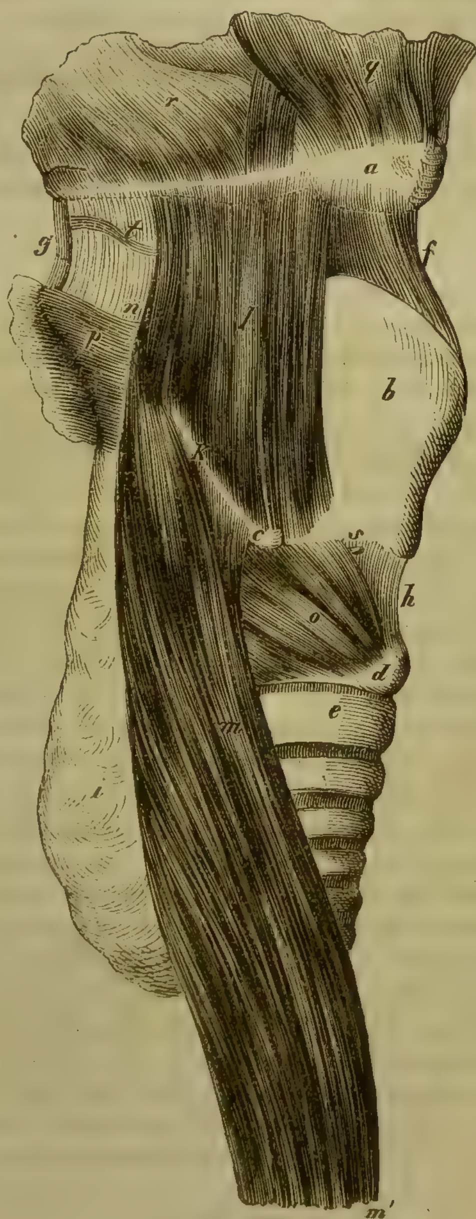


Fig. 41.

drüse. Ausser dem Musc. sternohyoideus wird er noch nach aussen vom Sternomastoideus bedeckt, und vom Omohyoideus überschritten.

Wirkung. Er zieht den Schildknorpel, die Schilddrüse und mit ersterem in der Regel den ganzen Kehlkopf herab; ist jedoch der Ringknorpel anderweit fixirt, so vermag er auch den Schildknorpel in ähnlicher Weise, wie der Musc. cricothyreoideus, gegen den Ringknorpel zu ziehen und so die Wirkung des letztern Muskels zu unterstützen.*) Ausserdem drückt er die Schilddrüse, über die er weggeht, platt oder drückt sie gegen den obern Theil der Luftröhre, gegen den Ringknorpel und selbst gegen die hintere untere Abtheilung der Schildknorpelflügel an, so dass dadurch der untere Kehlkopfraum etwas verengt wird. Mit dem folgenden Muskel zusammenwirkend fixirt er den Kehlkopf, und vermag den Schildknorpel unter Umständen sogar aufwärts zu drehen, und so die Glottis zu verkürzen. Darüber Genaueres im physiologischen Theile.

4) **Musc. hyothyreoideus, Zungenbein-Schildknorpelmuskel.** (Fig. 41 *l*.)

Auch ein platter, in seiner Mitte etwa 8''' breiter Muskel. Er entspringt fleischig-sehnig von der kleinern (nicht grössern, wie Theile angiebt) vordern Hälfte des Zungenbeinhorns, sowie vom äussern Theile des Zungenbeinkörpers, an welchem seine Insertion von den äussern Fasern des Musc. sternohyoideus bedeckt wird. Die ganze Ursprungslinie beträgt etwa 6—7'''. Nun geht er über das Ligam. hyo-thyreoideum medium und laterale, mit dem er durch sehr weit elastisches Zellgewebe zusammenhängt, zum mittlern Dritttheile der Breitenfläche des Schildknorpelflügels, wo er sich längs der ganzen Crista obliqua, so wie in der Regel noch ein Paar Linien lang etwas über und parallel mit dem untern Rand dieses Knorpels ansetzt. Er erhält auf diese Art eine ziemlich trapezartige Gestalt, die vordern Fasern sind beträchtlich länger als die hintern. Gegenüber inserirt sich der Sterno-thyreoideus (*m*) und in spitzem Winkel der Thyreopharyngeus (Fig. 42) an derselben Crista, an welcher zuweilen ein schmales zwischen beiden Protuberanzen ausgespanntes Ligam. intermusculare (41. *k*) diese verschiedenen Muskeln von einander trennt. Doch geht, wie schon erwähnt, ein Theil der hintern Fasern in den M. sternothyreoideus über. Bedeckt wird er vom Musc. sterno-hyoideus zum Theil (Fig. 40), und überschritten in seinem hintern Theile vom Musc. omohyoideus.

Wirkung. Da die vordern Fasern dieses Muskels wenigstens um ein Drittel länger sind, als die hintersten, an der obern Protuberanz sich inserirenden, und da sich jedenfalls alle Fasern des Muskels nach Maassgabe ihrer Länge verkürzen, so hat der ganze Muskel die Wirkung, dass er, wenn das Zungenbein festgehalten wird, den Schildknorpel nicht nur nach oben zieht, sondern zugleich auch um seine in den untern Hörnern liegende Axe nach aufwärts dreht, wodurch das Pomum Adami unter den Körper des Zungenbeins gezogen, das Ligam. conicum ausgedehnt, der Kehldeckel niedergedrückt und der Kehlkopfraum sammt den Stimmbändern von vorn nach hinten verkürzt wird. Er wird auf diese Weise Antagonist des Musc. cricothyreoideus, und muss, isolirt wirkend, den Ton vertiefen. Nach Despiney's Versuchen (Physiologie de la voix S. 22 ff.) werden die Stimmbänder durch die Aktion dieses Muskels vorn und hinten etwas in die Höhe

---

*) Despiney Physiologie de la voix, pag. 26.

gezogen, während die mittlern Partien in ihrer Lage bleiben; sie erscheinen dann von oben betrachtet etwas konkav; dabei sollen sie stärker gespannt und zur Erzeugung höherer Töne fähig werden. Häufig sollen sich dabei ferner die Stimmbänder etwas von einander entfernen, die Stimmritze also weiter werden, ohne dass dies der Tonerhöhung Eintrag thue. Ueber die Richtigkeit dieser Ansichten können wir erst später ein Urtheil abgeben. Ferner trägt dieser Muskel in Verbindung mit dem Sterno-thyreoideus und andern wesentlich zur Fixation des Kehlkopfs bei. Ist der Kehlkopf endlich durch seine Herabzieher stark nach unten gezogen, und dabei der Musc. cricothyreoideus sehr kontrahirt, so vermag unser Muskel das Zungenbein, am meisten den Körper desselben, gegen den Kehlkopf herabzuziehen.

Anmerkung. Bei einem an Phthisis pulmonum et laryngis verstorbenen Manne fand ich auf der rechten Seite nach der Medianlinie zu einen wirklichen (bereits von Sömmering beschriebenen) Musc. thyreoideus. Es war ein dünner, etwa 1'' langer und 2''' breiter Streif, der unter der Fascia communis der ganzen Schilddrüse lag, in der Gegend des Ringknorpels von der Tunica propria einzelner Parenchymläppchen entsprang und dann in einer besondern Muskelscheide und mit Perimysium bekleidet aufwärts lief, um sich in der Gegend des Pomum oder am Zungenbeine*) (gleichsam als innerste Portion des Musc. hyo-thyreoideus) zu inseriren. Er lag auf dem mittlern Horn der Drüse und zwar auf dem äussern rechten Streifen desselben, und stieg mit demselben aufwärts. Auf der linken Seite fehlte er ganz. Dieser Muskel, wo er existirt, vermag die Schilddrüse etwas gegen den Schildknorpel zu ziehen, und so den Zug, den sie vermöge ihrer Schwere ausübt, zu vermindern.

5) Musc. laryngo-pharyngeus. Kehlkopf-Schlundkopfmuskel. (Fig. 42 und 45.)

Dieser aus mehrern Bündeln bestehende platte Muskel wird zwar erst bei per Beschreibung des Fangrohrs (Schlundkopfs) seine volle Würdigung finden, doch muss er bereits hier erwähnt und wenigstens seine vordern Portionen beschrieben werden, da er zur Bewegung und Fixirung des Kehlkopfs wesentlich beiträgt. In den Büchern, zuletzt bei Theile, heisst unser Muskel Constrictor pharyngis inferior.

Vier von der Gesammtmuskulatur des Schlundkopfs an den Kehlkopf abgehende Bündel lassen sich bei der Präparirung von hinten aus fast immer genau unterscheiden, in welche sich die Gesammtmuskelfläche beiderseits theilt, kurz bevor sie die hintere Kante des Schildknorpels erreicht hat. Deutliche Sehnenstreifen, die sich zwischen diese Bündel scheidenartig einsenken, bezeichnen von da an diese Theilung.

a) Das oberste Bündel (Fig. 42 *g*) beginnt hinter dem grossen Horne des Schildknorpels, verläuft, wie der ganze Musc. laryngo-pharyngeus, schief von hinten nach vorn und etwas abwärts, und setzt sich am obern Rande des hintern Schildknorpeltheils in der Verlängerung der Crista nach oben, so wie an der Protuberantia superior selbst an. Die untern Fasern stossen mit der Insertion der hintern Fasern des Musc. hyo-thyreoideus (Fig. 41 *l*) unter einem fast rechten Winkel zusammen, von welchen sie oft durch das

---

*) Dies war abgeschnitten, weshalb ich die Insertionstelle nicht genau angeben kann.

oben erwähnte Ligam. intermusculare getrennt werden, welches beiderseits den in Rede stehenden Muskeln Anheftungspunkte liefert. An der obern Protuberanz koncentriren sich die Fasern dieser Portion am meisten. Es laufen dieselben meistens nicht ganz parallel, sondern kreuzen sich hin und wieder unter spitzen Winkeln.

b) Das zweite Bündel (Fig. 42 *hh*) liegt unter dem vorigen, ist gewöhnlich breiter, etwa $^1/_2$ Zoll und darüber, sonst ähnlich beschaffen, und inserirt sich an der eben erwähnten Leiste, sowie an der untern Protuberanz, an welcher sich die stärksten und längsten Fasern dieses Bündels koncentriren. Die Fasern des 1. und 2. Bündels liegen zur Crista des Schildknorpels unter einem sehr spitzen Winkel, der zuweilen kaum 12—15° beträgt.

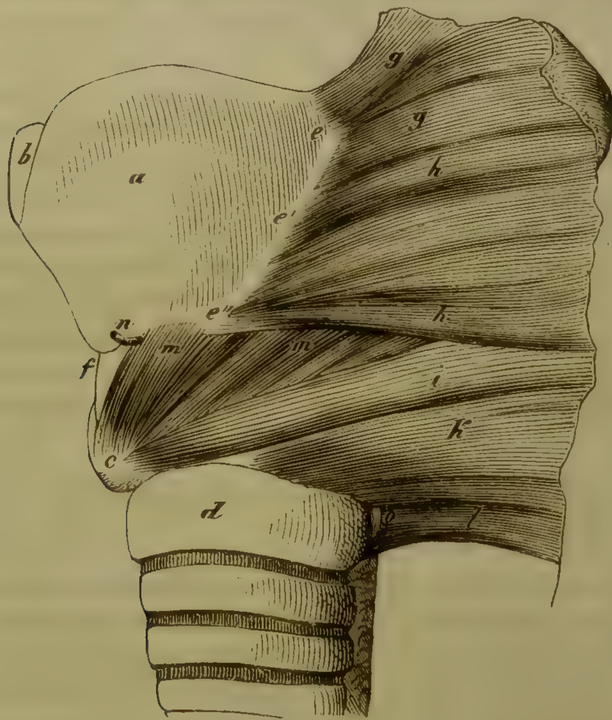


Fig. 42.

c) Das dritte Bündel (*i*) ist schmäler, etwa halb so breit als das vorige, hat aber längere Fasern, denn es laufen dieselben über den untern Rand und über die Basis des kleinen Horns des Schildknorpels hinweg, bedecken den mittlern Theil des Musc. crico-thyreoideus von dessen oberflächlichen Fasern sie nur schwer zu trennen sind, und inseriren sich theils zwischen den Fasern dieses Muskels, theils laufen sie mit denselben bis gegen den untern Rand des Ringknorpels. Zuweilen findet man (wohl aber nur an der einen Seite des Kehlkopfs), dass sich die meisten Fasern dieses Bündels schon an dem Rande des kleinen Horns ansetzen, und nur wenige vordere Fasern weiter gehen. Ihre Richtung ist so ziemlich die der obern Bündel, in der Regel der der Fasern des Musc. crico-thyreoideus parallel. In manchen anatomischen Lehrbüchern und Abbildungen wird dieses Bündel nebst dem Folgenden Musc. crico-pharyngeus genannt, die beiden Vorigen Thyreo-pharyngeus. Fig. 45 *bb* stellt erstern, *cc* letztern von innen gesehen dar.

d) das vierte und unterste Bündel (Fig. 42 *k*) läuft vom vorigen sich unter einem spitzen Winkel abtrennend (hier ist die Pharynxwand am dünnsten), über den untern Theil des kleinen Horns weg, und setzt sich unter der Artikulation desselben mit dem Ringknorpel am Seitentheil dieses Knorpels parallel mit dessen untern Rande an. Zuweilen giebt es ein kleineres Bündel an die Spitze des kleinen Horns ab. In diesem Falle fehlt der Musc. kerato-cricoideus (wovon später). Einigemale fand ich dieses 4. Bündel sich nur an der unterhalb der Articulatio crico-thyreoidea liegenden dreieckigen Fläche, unterhalb und hinter der Insertion des Musc. crico-thyreoideus anheftend. Ferner inserirt sich noch ein Bündel (Fig. 45 *c* [das untere]) weiter

hinten, am untern Theile der Lamina cricoideae, unter den äussern Fasern des Musc. crico-arytaenoideus posticus, oder in dem Dreieck, welches am untern Theile der Lamina zwischen den Ursprüngen beider genannten Muskeln unbedeckt bleibt. Dies Bündel hängt nach seinen Abgange locker der Lamina an, ist ziemlich dick, und bildet bereits die obere Zone des Oesophagus. Es geht zwischen dem vorigen und dem letzten Bündel der Nervus recurrens hindurch (Fig. 45. *g*).

Diese 4 oder 5 Bündel bilden die Hauptmasse des sogenannten Musc. Constrictor pharyngis inferior. Nimmt man nach der gewöhnlichen, aber nicht richtigen Ansicht an, dass dieser Muskel am Kehlkopf entspringt, und nach hinten verläuft, so verlaufen die Fasern des untern Bündels nach hinten fast gerade, vereinigen sich in der Mitte der Hinterwand des Schlundkopfs und bilden so einen Ring, während die öbern unter einem nach unten geöffneten Winkel zusammenstossen.

Ausser diesen, wenigstens in einiger Entfernung vom Schild- und Ringknorpel nach hinten zu eine zusammenhängende Muskelplatte bildenden Bündeln ist noch eine innere Muskelschicht des Pharynx zu unterscheiden, die man nach Wegnahme der Schleimhaut, vom hintern Rande des Schildknorpels aus päparirend, findet, und welche durch ein deutliches Perimysium von der äussern, eben beschriebenen Schicht getrennt ist und einen völlig selbsständigen Charakter hat. Sie gehört den weiter unten näher zu beschreibenden Längenmuskeln des Pharynx an. S. einstweilen Fig. 45, wo *a* die hintersten dieser Fasern darstellt.

Die Wirkung der Muskelbündel, welche den Musc. laryngo-pharyngeus konstruiren, ist die, dass der Kehlkopf nach hinten fixirt, und in Verein mit dem Musc. hyo-thyreoideus, hyopharyngeus und den übrigen das Zungenbein hebenden Muskeln gehoben wird. Der Kehlkopf gleitet dabei mittels der beiden Ränder des Schildknorpels längs der Körper der Halswirbel nach oben, wie die vorragenden Kanten des Rads eines Dampfwagens auf der Schiene. Jedenfalls können einzelne Bündel für sich wirken, und so bald der Ringknorpel und untere Theil des Schildknorpels fixirt werden, bald (wenn das erste, dritte und vierte Bündel wirkt) der Schildknorpel nach hinten bewegt oder gedreht werden, entgegen der Wirkung des Musc. crico-thyreoideus. Ferner können die beiden Flügel des Schildknorpels gegen einander gedrückt und so der innere Kehlkopfraum verengt, es kann endlich auch der Schildknorpel durch die erste und zweite Schicht etwas um seine Hebelaxe aufwärts gedreht und so die Glottis verkürzt werden. — Das unterste am Ringknorpel sich inserirende Bündel heftet die untere Portion der Lamina cricoideae an die Muskulatur der Speiseröhre und erhält auf diese Art besonders beim Herabziehen des ganzen Kehlkopfs, wobei die Längenfasern der Speiseröhre mitwirken müssen, seine Bedeutung.

2. Muskeln, welche die Kehlkopfknorpel und einzelne elastische Theile desselben gegeneinander bewegen.

Alle diese Muskeln und muskulären Apparate, acht an Zahl, haben im Allgemeinen die Bestimmung, die Weite und Länge der Glottis oder der durch die Stimmbänder bewirkten Verengung des Kehlkopfkanals, sowie die Weite der Morgagni'schen Ventrikel, zu respiratorischen oder phonischen Zwecken zu verändern. Es sind lauter kleine, zum Theil sehr verborgen liegende und schwer zu isolirende Muskeln, von denen einer von mir neu

entdeckt worden, und ein Paar, bisher von Santorini und Andern in mehrere einzelne Muskeln zerfällt, und von dem ein Theil später von Theile als Reflector epiglottidis beschrieben wurde, von mir seinen Funktionen gemäss, wie ich glaube, vollständiger und richtiger beschrieben werden soll. Ich werde sie in folgender Ordnung vorführen.

1. 2. Musculi crico-thyreoidei.
3. Musculus kerato-cricoideus.
4. 5. Musculi crico-arytaenoidei postici.
6. Musculus ary-arytaenoideus.
7. 8. Musculi crico-thyreoarytaenoidei. Muskelapparat zwischen Ring-, Schild- und Giesskannenknorpel. Er zerfällt in folgende Unterabtheilungen:

a) Stratum crico-arytaenoideum.
b) „ ary-syndesmicum.
c) „ thyreo-arytaenoideum externum.
d) „ „ „ internum.
e) „ ary-membranosum obliquum.
f) „ „ „ rectum.
g) „ thyreo-membranosum.

Bei diesen Benennungen wird durch syndesmicum der elastische Membranstreif zwischen Schild- und Ringknorpel (die Fortsetzung des Lig. conicum nach hinten), durch membranosum die Membr. quadrangularis angedeutet.

Es sind also 3 paare, und 2 unpaare Muskeln. Von beiden letztern ist der eine ein wahrer unpaarer, das heisst, in der Mitte des Kehlkopfs gelegener, der andere ein, wo er vorkommt, immer nur auf einer Seite existirender Muskel.

1) Musc. cricothyreoideus. Ring-Schildknorpelmuskel. (Fig. 41. *o*, 42. *m*, 43. *A—C*.)

Er ist von dieser ganzen Reihe der einzige äusserlich am Kehlkopf sicht- und fühlbare Muskel, gehört zu den sogenannten gefiederten Muskeln (Musculi pennati), hat eine irreguläre Rautenform, und liegt an dem untern Theil der Seitenfläche des Kehlkopfs. Seine Fasern entspringen muskulös auf der äussern Fläche des Bogens und der vom Schildknorpel unbedeckt gebliebenen Seitenfläche des Ringknorpels, mit Ausnahme der hinter und über dem Zahnfortsatz liegenden Partie; die obere Grenze dieser Ursprungsfläche ist an der Seitenwand die Linea eminens, die sich vom Gelenkhügel nach dem obern Rand des Arcus hinzieht, und die an der Stelle, wo die grösste Aushöhlung des untern Rands des Schildknorpels über sie weggeht, eine Art Protuberantia zeigt, die der Niederbeugung des Schildknorpels Grenzen setzt. Siehe die Beschreibung des Ringknorpels und Fig. 25. *B* 8. 12. Auf dieser ganzen Fläche des Ringknorpels liegen die Ursprungspunkte der Fasern unsers Muskels zerstreut. Dieselben gehen nun auf- und rückwärts, fächerartig divergirend und bilden nun in ihrem weitern Fortgange vor dem untern Rande des Schildknorpels 2 Schichten, eine äussere grössere und eine innere kleinere. Die Fasern der äussern Schicht (Fig. 43. *A*.) setzen sich am vordern Saume des untern Rands des Schildknorpels von der Stelle der Arteria laryngea inferior (*g*) an bis zur Spitze des kleinen Horns (*b*) in einer Breite von 1—2‴ und einer Länge von etwa 10‴ an. Am breitesten ist dieser Saum in dem von der Protuberantia inferior und

dem kleinen Horn begrenzten Bogen. Die Fasern der innern Schicht (Fig. 43. *B e*, *C i*), welche am obern Theile der Aussenfläche des Seitentheils des Ringknorpels entspringen (besonders unter der Insertion des vordern Theils des Stratum cricoarytaenoideum [*C g*] und des Stratum ary-syndesmicum des Musc. crico-thyreoarytaenoideus [*C h'*]), gehen nach hinten und oben, um sich am innern Saume des untern Schildknorpelrands, und noch ein paar Linien höher hinauf an der innern Wand dieser Partie des Knorpels, dem Musc. cricoaryt. later. fast genau anliegend (auf

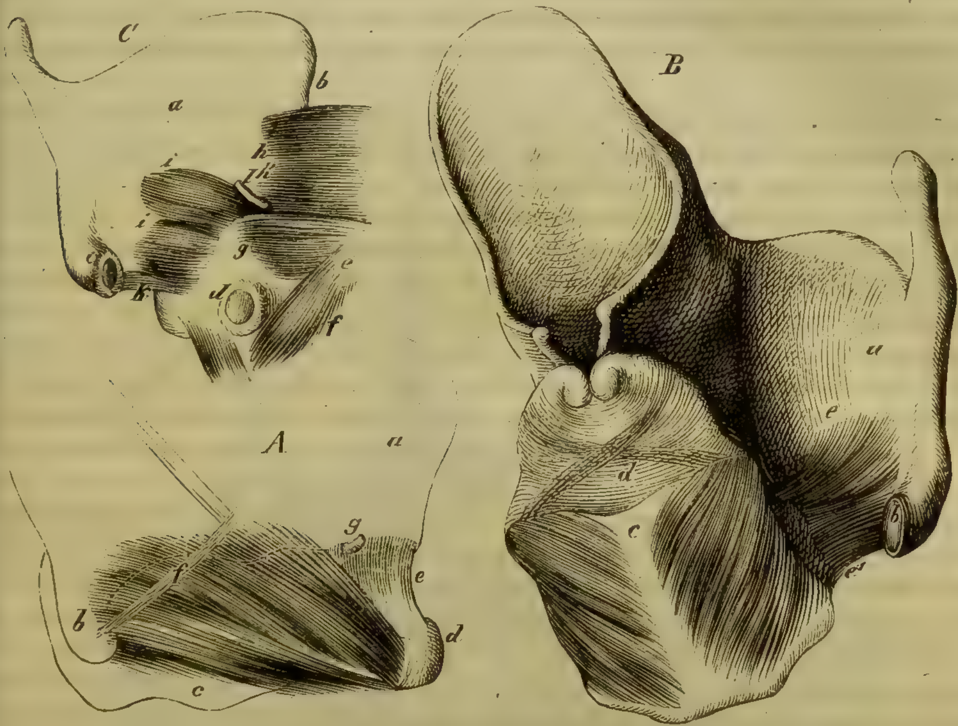


Fig. 43.

Fig. *C* ist die Schildknorpelplatte zurückgeschlagen), meistens in getrennten Bündeln, anzuheften, reichen jedoch hier weder soweit vorwärts als rückwärts wie die äussern Fasern, weil dort der Kapselapparat bereits beim Anfange des kleinen Horns, dort die Arteria laryngea (*C l*) ihnen Grenzen setzt. Die Hauptursprünge der innern Schicht sind an der erwähnten Linea eminens und Protuberantia unter der grössten Aushöhlung des untern Schildknorpelrandes. Das von Tourtual nur zuweilen hinter und unter dieser Schicht gefundene abgesonderte, kurze und kegelförmige Bündel, das „mit dem schmalen Theile von der Seitenwand des Ringknorpels nahe seinem obern (?) Rande abtretend an die innere Seite der Wurzel des kleinen Hornes breit sich anheftet," habe ich fast immer gefunden, nur entspringt es näher dem untern, als dem obern Rande des Ringknorpels. S. *B e'*, *C k*. Die Fasern, welche sich am vordern Rand des kleinen Horns inseriren, sind oft sehr lang, mit Sehnenstreifen durchwebt, und in der Regel von den vordern Partien des Muskels durch einen zelligen Streif abgesondert. Mehremal fand ich auch über die Fasern dieses Muskels hinweg einen schmalen Sehnenstreifen von der untern Protuberanz bis zur Spitze des untern Horns ausgespannt, der als Grenze zwischen Musc. thyreo pharyngeus und den oberflächlichen Fasern des Cricothyr. angesehen werden konnte. S. Fig. 43. *A f*.

Der Muskel nimmt vom Bogen bis zum Gelenkapparat an Dicke zu, er wird vom Sternothyreoideus zum Theil bedeckt (Fig. 41. *mo*), er berührt nach unten den obern vordern Rand der Schilddrüse; nach oben grenzt er an den Ursprung des Musc. hyothyreoideus, an die Fasern des Thyreopharyngeus, nach hinten an den des Cricopharyngeus. Ausserdem liegt die innere Schicht vor dem Stratum crico-arytaenoideum und ary-syndesmicum des Musc. crico-thyreoarytaenoideus, von deren Fasern sie durch eine Zellgewebschicht geschieden ist. Die langen Fasern der 3. Abtheilung des Laryngo-pharyngeus verlaufen parallel mit den darunter liegenden des mittlern Theils des Cricothyreoideus und sind von letzterem schwer zu trennen.

Wirkung. Die äussere und vordere Schicht des Muskels ziehen den untern Rand des Schildknorpels und den Ringknorpel gegen einander und bewirken auf diese Art jene Hebelbewegung, wodurch der vordere Theil des Schildknorpels von der Hinterwand des Ringknorpels und den Giesskannenknorpeln entfernt wird, wobei die Stimmbänder sich verlängern. Diese Bewegung hat ausser der Verlängerung der Stimmritze noch die wichtige Wirkung, dass dadurch der Kehlkopfraum unter der Glottisebene von oben nach unten schmäler gemacht wird, dass also der Musc. thyreo-arytaenoid. in dieser Richtung zusammengedrückt wird, nicht genug Raum mehr in seiner an sich schon engen Kapsel (zwischen dem elastischen Ueberzug und der Knorpelwand) findet und daher nach innen zu weichen genöthigt wird: die Stimmbänder werden dadurch gegen einander gedrängt, in welcher Wirkung der Musc. cricothyr. noch vom Musc. ary-arytaen. unterstützt wird. Die innere Schicht und das hintere Bündel ziehen das untere Horn des Schildknorpels direkt nach vorn, soweit die Gelenkkapsel (Ligam. kerato-cricoideum) es gestattet, und drücken die ganze Schildknorpelplatte stärker an die Seitenwand des Ringknorpels an, wodurch theils der Abstand des Pomum von der Lamina cric. vergrössert, theils nach Tourtual's Meinung die Resonanz der Stimmbandschwingungen verstärkt wird. Nach C. Mayer und Despiney zieht der Muskel den Schildknorpel nach aussen, um den Kehlkopf auszudehnen und die Stimmbänder von einander zu entfernen. In dieser Hinsicht könnte allerdings die vorhin erwähnte Einwärtsrückung der Stimmbänder verhütet werden.

2) Musc. kerato-cricoideus. Horn-Ringknorpelmuskel. (Fig. 44.)



Fig. 44.

Dieser kleine bisher noch nicht beschriebene Muskel findet sich nicht an allen Kehlköpfen, und wo er sich findet, ist er nur auf einer Seite vorhanden, weshalb ich ihn auch unter die unpaaren Muskeln des Kehlkopfs gerechnet habe. Er entspringt (*d*) etwa $1-1\frac{1}{2}'''$ breit gleich neben dem Ursprung der äussern (oder vordern) Fasern des Musc. cricoarytaenoideus posticus (*b*), so dass er als eine Nebenportion desselben erscheint und wahrscheinlich von den Anatomen bisher dafür angesehen oder als solche übersehen worden ist, geht aber nicht mit letzterem Muskel aufwärts, sondern schief nach oben und aussen, um sich nach kurzem Verlaufe an die hintere Seite des untern Horns des Schildknorpels (*a*) anzuheften. Der Nervus laryngeus inferior (*e*) läuft unter ihm

weg, und das Ligamentum kerato-cricoideum (*f*) kreuzt sich mit ihm unter einem ziemlich rechten Winkel. Der ganze Muskel ist etwa 3—4‴ lang. Seine Wirkung, die freilich nicht bedeutend sein kann, ist, das untere Horn nach hinten und unten zu fixiren: er opponirt einigermaassen der am Vorderrand dieses Horns entspringenden Partie des Musc. crico-thyreoideus.

3) Musc. cricoarytaenoideus posticus. Hinterer Ringgiesskannenmuskel.
(Fig. 43. *B. c*, 45. *e*, 47. *g*.)

Der schönste und eleganteste Muskel am ganzen Kehlkopf. Er hat eine fast dreieckige Gestalt, fast wie der Musc. infraspinatus, entspringt fleischig als dünne Muskelplatte von der ganzen Fläche der Ringknorpelplatte hinter dem Gelenk des Schildknorpelhorns und beziehendlich hinter dem Musc. kerato-cricoideus bis fast zur Mitte des oberen Randes herauf, so dass nur

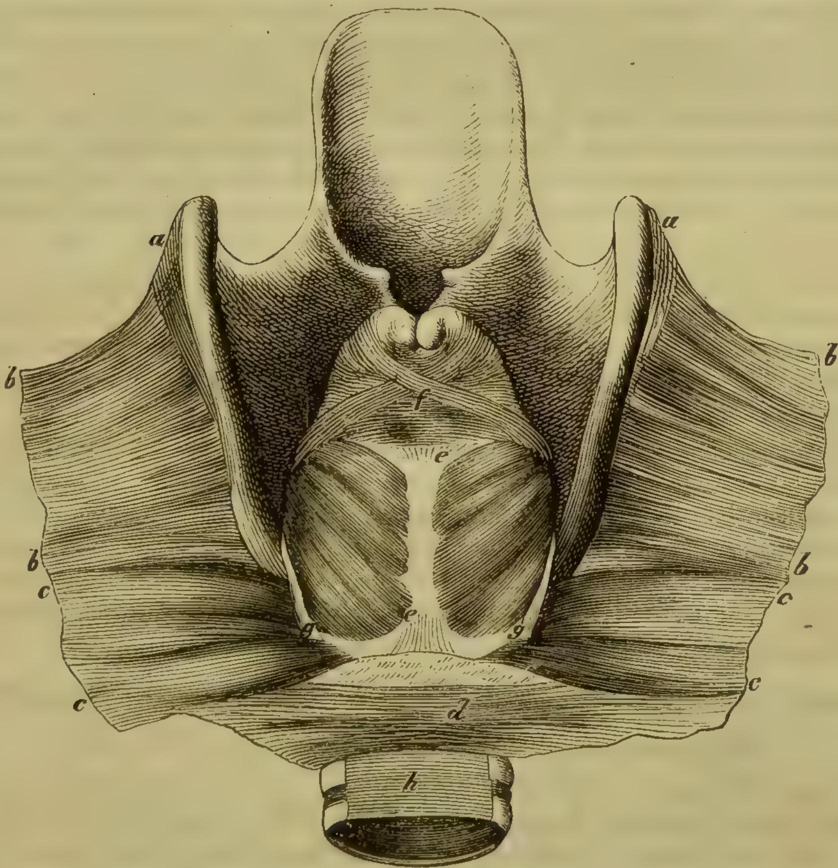


Fig. 45.

der untere Rand und eine kleine Strecke dicht neben der Mittellinie frei bleibt. Die untersten und äussersten Fasern gehen fast gerade nach oben, dabei sich etwas nach vorn umbiegend, die obersten fast gerade nach aussen die untern innern in diagonaler Richtung, die übrigen in Mittelrichtungen: alle Fasern steuern aber konvergirend zur hintern Eckfläche der Basis oder des hintern Fortsatzes des Giesskannenknorpels, an welcher sie sich, zu einem ziemlich dicken Bündel vereinigt, fleischig-sehnig ansetzen. (Fig. 47. *f g*). Zuweilen gehen einzelne Fasern über den Knorpel weg an die Membr.

quadrangularis, um das Stratum ary-membranosum zu verstärken. Bedeckt ist der Muskel von einer dünnen Fascia (s. später), auf welcher die dicke runzelige Schleimhaut des Schlundkopfs liegt.

Die Gesammt- oder resultirende Wirkung aller Fasern dieses Muskels ist dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte zufolge ein Zug am Giesskannenknorpel, der nach der Mitte des untern Randes der Lamina cricoidea zu gerichtet ist. Dabei wird der Hintertheil des Giesskannenknorpels nach unten und innen, der Stimmfortsatz nach aussen und oben bewegt, die Spitze des Knorpels weicht nach hinten, die Glottis wird weiter, die obere Kehlkopfsapertur gleichfalls breiter und länger, die hintere Kehlkopfsapertur oder der Raum zwischen beiden Giesskannenknorpelspitzen wird geöffnet und die dieselbe begrenzende Membran gespannt.

Ob es zuweilen vorkommt, dass einzelne Bündel dieses Muskels für sich wirken, dass z. B., wie Harless will, das obere mehr in horizontaler Richtung ziehende Bündel den hintern Fortsatz des Aryknorpels mehr als das untere, das mittlere mehr als das obere um seine Drehungsaxe bewege, wage ich nicht zu entscheiden, auch scheint bei einer solchen rein theoretischen Sonderung dieses Muskels nicht viel Nutzen für die Physiologie der Stimme herauszukommen. Dass endlich der Muskel verlängernd und spannend auf die Stimmbänder wirke, ist nur insofern richtig, als Letztere zur Respiration dienende Glottisbänder sind; sobald dieselben aber wirklich als Stimmbänder fungiren, sobald also die Stimmritze hinlänglich durch anderweite Muskelkräfte, die unserem Muskel geradezu entgegenwirken, verengt ist, vermag derselbe nicht mehr ziehend oder verlängernd auf die Stimmbänder einzuwirken; jede die Antagonisten überwältigende Kraftäusserung unsers Muskels würde die Stimmritze erweitern und so den Ton vernichten, anstatt ihn zu erhöhen.

In gewöhnlichen, ruhenden Zustande des Kehlkopfs, beim gewöhnlichen Athmen steht dieser Muskel auf halber Spannung, weil die Glottis offen stehen muss. Bei tiefen Einathmungen auf ganzer. Kein Muskel ist für das Leben von unmittelbarer Nothwendigkeit, als dieser. Daher auch sein einfacher Bau und der Mangel anatomischer Abweichungen an demselben, wofern man nicht den Musc. kerato-cricoideus als eine von der Musculatur dieses Muskels abgegebene Portion erklären will.

4) Musc. ary-arytaenoideus (arytaenoideus transversus). Querer Giesskannenknorpelmuskel. (Fig. 43. *B d*, 45. *f*, 47. *d e*.)

Der von Santorini zuerst gebrauchte Name ary-arytaenoideus ist kürzer und bezeichnender, als der jetzt gewöhnliche. Dieser Muskel ist, wie schon aus dem Namen erhellt, unpaar, rundlich platt, querliegend, kurz, aber im Verhältniss zu seiner Länge von ansehnlicher Dicke.*) Er liegt in einer derben, von der hintern Fascia des Kehlkopfs und dem Perichondrium gebildeten Muskelscheide in der hintern ausgehöhlten Fläche beider Giesskannenknorpel, und hat von hinten betrachtet eine ziemlich parallelogrammische Gestalt. Wir haben zwei Faserschichten an diesem Muskel zu unterscheiden, eine oberflächliche und eine tiefere. Erstere verdient wenigstens zum grossen Theile, gar nicht den Namen, den der Muskel führt, denn ihre Fasern kommen zumeist von andern Orten her, laufen über die tiefere

*) Despiney a. a. O. S. 9.

Schicht in verschiedenen Richtungen weg, um sich wieder nach entfernter liegenden Orten der entgegengesetzten Hälfte des Kehlkopfs zu begeben. Es sind lauter derbe, von einander deutlich isolirte Muskelstränge, die sich besonders an Spirituspräparaten deutlich von den Fasern der tiefern Schicht unterscheiden. Der ganze früher Arytaenoideus obliquus genannte Muskel gehört hierher. Die zahlreichern, aber kürzeren Fasern der tiefern Schicht gehen fast sämmtlich horizontal, von der äussern Kante des einen Giesskannenknorpels zu der des andern, die vordern (tiefern) Fasern inseriren sich beiderseits an den jener Kante benachbarten Stellen der hintern Fläche des Knorpels. Ein Theil dieser Fasern entspringt aber auch von der vordern Abdachung des Ligam. triquetrum. Ob diese Fasern unmittelbar zu der entsprechenden Partie des Ligam. triqu. der andern Seite hinüber gehen oder über diese hinweg gehend sich an einer mehr nach aussen stehenden Partie des Knorpels ansetzen (in welchem Falle eine Kreuzung dieser Muskelfasern stattfinden würde), habe ich noch nicht untersucht. Nach oben hört diese Muskelschicht kurz vor der Einfügung der nach Santorini benannten beweglichen Spitze des Giesskannenknorpels auf, überdeckt von einer reichen Drüsenmasse, welche unter der jene Spitze überziehenden Schleimhaut liegt (Fig. 32. *B*.). Diese Schleimhaut schlägt sich auch in den zwischen beiden Giesskannenknorpelspitzen bleibenden, unten von unserm Muskel begrenzten Zwischenraum, den wir nach dem Vorgange älterer Anatomen Aditus ad glottidem posterior oder Rima laryngis posterior genannt haben, hinein, und bildet hier eine Falte, die gleichfalls von einem Drüsenkranze umlagert ist. — Im Querdurchschnitt erscheint der Muskel etwa, wie in Fig. 37. *A* 15, 38. *A* 12. Die Fasern unsers Muskels liegen auf der grössten Tiefe der Knorpelaushöhlung am dichtesten, und nehmen nach unten und besonders nach oben ab, und so erscheinen beide Giesskannenknorpel von hinten betrachtet als Eine Masse, die ziemlich glatt und eben aussieht, und nur in der Mitte durch den vorhin erwähnten Einschnitt etwas unterbrochen wird. Aus diesem Grunde hielten ältere Anatomen beide Knorpel für Einen, und nannten ihn als solchen Arytaenoides, Giesskannenförmig, deren Schneppe eben jene in der Mitte liegende Rima darstellt. Die spätern Anatomen behielten unpassender Weise diesen Namen noch bei, auch nachdem sie die Duplicität dieses Knorpels erkannt hatten.

Die Wirkung der tiefern Schicht des Musc. ary-arytaenoideus ist, beide Knorpel so einander zu nähern, dass sich die innern Flächen derselben, wenigsten hinten einander ziemlich berühren: was dabei noch fehlt, füllt die Schleimhaut aus. Dabei wird das Ligam. triquetrum erschlafft, das Ligam. capsulare angespannt, die Rima posterior geschlossen und beide Capitula Santorini bis zur Berührung einander genähert. Die vordern oder Vokalfortsätze der Knorpel kommen aber dabei noch nicht bis zur gegenseitigen Berührung: dies ist den folgenden Muskeln vorbehalten. Die oberflächliche Schicht, welche die beiden Knorpel gleichsam umstrickt, unterstützt die Wirkung der tiefern und bringt besonders die Spitzen der Knorpel in gegenseitige Berührung. S. noch w. u.

5) Musc. crico-thyreo-arytaenoideus. Muskelapparat zwischen Ring-, Schild- und Giesskannenknorpel. (Fig. 46.—49.)

Wir kommen jetzt zu dem verborgenen, am unverletzten, ja selbst an dem schon seiner Schleimhaut beraubten Kehlkopf unsichtbaren, zwischen der

Schildknorpelplatte, der Seitenwand des Ringknorpels und der innern elastischen Auskleidung des Kehlkopfs liegenden Muskelapparat, dessen Präparirung von jeher eine Pein und schwache Seite der Anatomen gewesen ist. Der Hauptfehler, der dabei von Letztern fast ohne Ausnahme begangen wurde, ist, dass sie die gesammte hierher gehörige Muskulatur mit demselben Auge betrachteten, wie die übrigen Muskeln des menschlichen Körpers, und Muskelbündel, die sich an verschiedenen Punkten inseriren, für selbstständige Muskeln zu erklären und dieselben von einander zu isoliren und auseinander zu reissen bemüht waren. Allein wir müssen bei den jetzt zu beschreibenden Muskelpartien einen ganz andern Maassstab anlegen, als bei den Körpermuskeln überhaupt. Zwischen zwei knorplig-elastische Wände eingeklemmt, deren Zwischenraum sich fortwährend verändert, mussten diese Muskeln ganz andere Dispositionen, Verbindungen und Eigenschaften erhalten, als andere Muskeln unter andern Verhältnissen. Wir wollen, um über diese Sache ins Klare zu kommen, zuerst diesen ganzen Muskelapparat in seiner Lage, Verbindung und Gesammtwirkung betrachten, und dann erst eine auf physiologisch-phonische Principien gestützte Sonderung und Specialbetrachtung derselben vornehmen.

Betrachten wir zuerst den Raum, in welchem die in Rede stehenden Muskelapparate verborgen liegen, und welcher auf Fig. 46. in einem ziemlich senkrechten hart vor den Anheftungen der Epiglottisausbreitung und



Fig. 46. a.

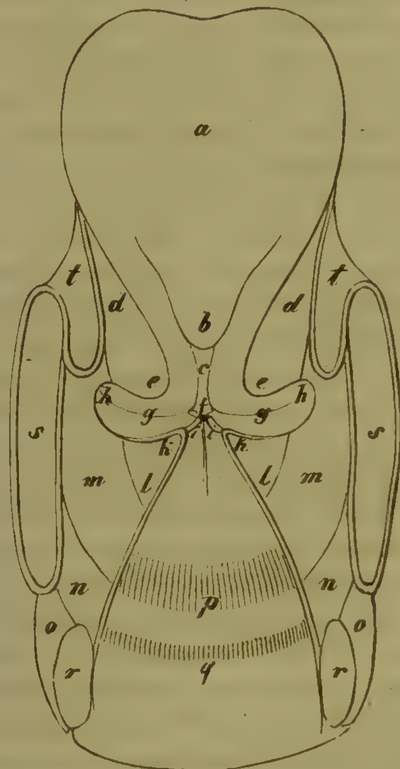


Fig. 46. b.

ziemlich durch die Mitte der Stimmbänder geführten Querdurchschnitt auf Fig. 50. in einem Horizontaldurchschnitt des ganzen Kehlkopfs sich darstellt. Er wird begrenzt nach aussen durch die innere Fläche der Schildknorpelplatte (*s*) mit Ausnahme des obern hintern Segments derselben, das wir erhalten, wenn wir eine etwas nach unten gewölbte Linie von der Mitte des

obern Rands des Schildknorpelflügels nach der Stelle des hintern Rands desselben ziehen, die etwas über der Wurzel des untern Horns (etwas unter dem obern Rand der Lamina cricoideae) liegt. Nach oben und zum Theil aussen wird dieser Raum begrenzt durch die Schleimhaut, welche sich in den zwischen Membrana quadrangularis, das eben gedachte Segment des Schildknorpels und die Seitenwand des Giesskannenknorpels liegende Raum (*l*) einsenkt und unten in eine Rinne, die etwas unter dem Niveau des obern Rands der Lamina cricoidea sich in die Schlundkopfhöhle mündet, ausläuft. Diese Vertiefung nennt Tourtual Sinus pyriformis: wir kommen bei der Beschreibung des Ansatzrohrs noch einmal darauf zurück. Nach innen grenzt dieses Muskelsystem an die äussere Fläche der Membrana quadrangularis nebst der Glandula arytaenoidea, so wie der elastischen Auskleidung des Kehlkopfs, zunächst an die Hinterwand des Morgagni'schen Ventrikels und Atriums (*h*) an die ganze vom Grund des Atriums und dem Stimmband gebildete Falte (*h*—*k*), sowie an die äussere Fläche der elastischen Membran bis zum untern Rande des Schildknorpels (*k*—*n*). Vorn läuft dieser Raum in eine spitze Schneide aus im Vereinigungswinkel der Schildknorpelplatte mit dem daraus abgehenden elastischen Gewebe (Fig. 50 *g*—*e*), hinten wird er von der ganzen Seitenfläche des Giesskannenknorpels geschlossen, und unten findet er seine Endigung auf dem obern Rand und den zunächst darunter liegenden Partien der Seitenwand des Ringknorpels. Dieser enge, spaltförmige Raum wird durch die innere Wand und den rinnenförmigen Grund des Sinus pyriformis in 2 Abtheilungen getheilt, eine obere, zu Tag ausgehende, und untere, verborgene. Die obere stellt den hintern Ueberzug der Membrana quadrangularis vor, und läuft hinten noch etwas tiefer bis zum Processus posterior des Giesskannenknorpels herab; die untere ist dem Auge ganz entzogen, und begreift den Raum zwischen der untern Wand des Ventrikels, der elastischen Seitenwand des untern Kehlkopfraums, dem Ringknorpel in oben bezeichneter Ausdehnung, der äussern Fläche des Stimmfortsatzes, dem vordern Rande der Basis und der untern Hälfte der Seitenwand des Giesskannenknorpels. — Dieser Raum wird nun fast ganz von den Fasern des in Rede stehenden Muskelapparats ausgefüllt. Wir könnten denselben mit dem gemeinschaftlichen Namen Stimmmuskelapparat bezeichnen, wenn nicht unter den bisher beschriebenen Muskeln sich bereits Organe befänden, die mit den jetzt zu beschreibenden Muskeln zusammenwirken. So viel ist aber gewiss, dass die Wirkung aller Strata dieses Muskelapparats in der Regel eine gleichzeitige, auf einerlei Zweck hinwirkende ist, der kein anderer ist, als Schluss der Glottis und Verengung der obern Apertur des Kehlkopfs. Wegen dieser gemeinschaftlichen Wirkung hängen alle diese Muskelpartien unter einander zusammen, sie sind durch keine Muskelscheiden von einander getrennt: jede einzelne Partie oder Fasergruppe ist jedoch fähig, vorzugsweise sich zusammenzuziehen, und so auf den angegebenen Hauptzweck mehr als die andern, hinzuarbeiten. Einige der zu beschreibenden Fasern haben noch die accessorische Aufgabe, eine Ausgleichung des durch die Veränderung des ganzen Spielraums sollicitirten Volumens des übrigen Muskelapparats zu bewirken, und einen leeren Raum ausfüllen zu helfen. Die oben befindliche Grube (Sinus pyriformis) bietet andererseits einen geeigneten Raum, in welchen unsere Muskelmasse, wenn der Spielraum derselben verengt wird, ausweichen kann, ohne Gefahr zu laufen, zu sehr komprimirt zu werden. Die Angriffs-

punkte, welche von unserem Muskelapparat bewegt werden, sind: der Giesskannenknorpel, die Glandula arytaenoidea, die ganze elastische Membran des Kehlkopfs, also auch die Membrana quadrangularis und durch diese die Epiglottis: ja sogar die Schildknorpelflügel scheinen in geringem Grade dem bewegenden Einfluss unseres Muskelapparats nachgeben zu können.

Der Name M. crico-thyreoarytaenoideus rührt von Cruveilhier her, und ich habe ihn, da er so ziemlich bezeichnend ist, und wohl nicht kürzer gegeben werden kann, beibehalten. Uebrigens nutzt es nichts, nach der bisher festgehaltenen Weise, den Thyreo-arytaenoideus vom Crico-aryt. lateralis willkührlich zu trennen, und dabei unter ersteren Muskel so verschiedenartig verlaufende Bündel zu rechnen, bloss deshalb, weil sie die beiden im Namen liegenden Knorpel zu Endpunkten haben; auch ist der Kollektivmuskel Reflector epiglottidis (Theile) nach nicht ganz richtigen physiologischen Voraussetzungen aufgestellt.

Die einzelnen Bündel (Strata) unseres Muskelapparats, die also, wie gesagt, durchaus keine genaue anatomischen Begrenzungen haben, und nur ihrer Lage, ihrem Verlauf und ihren Wirkungen nach unterschieden werden müssen, sind folgende.

a) **Stratum crico-arytaenoideum.** (Musc. crico-arytaenoideus lateralis.) (Fig. 47. *h*, 48. 7.)

Dieses gewöhnlich rundlich-platte Bündel entspringt am seitlichen Theile des obern Ringknorpelrandes und abwärts bis zur Crista horizontalis der Seitenfläche d. Ringknorpels in einem fast dreieckigen Raume mit fleischigen Fasern, die insgesammt nach hinten und etwas nach oben verlaufen, und sich theils an der äussern Kante des hintern Fortsatzes oder, wie Tourtual sagt, Tuberkels des Giesskannenknorpels, sowie noch etwas, zuweilen weit höher (Fig. 47. *e*) reichend, als der Ansatz des hintern gleichnamigen Muskels, an der seitlichen Kante und dem anstossenden Saume der Seitenfläche des Knorpels ansetzen, theils mit ihren Insertionen einwärts bis zum innern Theil des vordern Randes der Gelenkfläche dieser Knorpels und den angrenzenden Randtheil der untern Fläche des Stimmfortsatzes reichen. Die am meisten nach vorn entsprungenen Fasern sind die längsten, nach hinten zur werden sie allmälig kürzer. Dieses Bündel wird nach aussen von der innern Schicht des Musc. crico-thyreoideus bedeckt (Fig. 43. *C g i*),



Fig. 47.

von welchem es durch Zellgewebe, in dem der Nervus laryngeus inferior

liegt, getrennt ist. Nach innen und oben stösst es an die untersten Fasern des Stratum thyreo-arytaenoideum internum, nach vorn steht es mit dem Stratum Ary-syndesmicum in Verbindung, doch ist oft durch einen zelligen Sehnenstreifen davon getrennt. — Das ganze Bündel ist an verschiedenen Kehlköpfen von ungleicher Dicke und Grösse, zuweilen ist es ziemlich dick und ansehnlich, öfter aber ist die Summe seiner Fasern eine der des hintern Musc. crico-arytaenoideus sehr nachstehende. Zuweilen setzen sich einzelne Fasern über den hintern Fortsatz des Giesskannenknorpels fort, um die schiefen Fasern des Ary-arytaenoideus zu verstärken. Zuweilen lässt sich eine äussere Schicht unterscheiden, deren Fasern strahlenförmig nach oben divergiren, so dass die vordersten derselben bis an den Santorini'schen Knorpel gelangen, von wo aus sie sich auch in die schiefen Fasern des Arytaenoid. obliquus umbiegen können. H Meyer*) nennt dies Muskelbündel Depressor cartilaginis arytaenoideae.

Die Wirkung dieser Muskelschicht ist der des Musc. crico-arytaenoideus posticus, wenigstens der obern Portion desselben, gerade entgegengesetzt: sie zieht die äussere Ecke oder Kante des Giesskannenknorpels nach vorn, wobei der Stimmfortsatz nach innen gerückt und etwas deprimirt wird. Der Muskel trägt auf diese Art zum vollkommnern Schluss der Stimmritze, zunächst der hintern Abtheilung derselben bei, und kompletirt namentlich die Wirkung des Ary-arytaenoideus. Ausserdem ziehen die innern Fasern den ganzen Giesskannenknorpel an seiner Basis nach vorn, und vermögen so die Stimmbänder etwas zu verkürzen und zu erschlaffen. Ob übrigens, wie Harless meint, unser Muskel allein und selbstständig, ohne die folgenden Portionen des thyreo-arytaenoideus sich zusammenziehen und dadurch das Stimmband gleichzeitig zu möglichster Verkürzung und Erschlaffung bringen könne, das scheint mir vor der Hand noch sehr zweifelhaft. — In mehrern berühmten Handbüchern der Anatomie (auch von Liskovius) wurde noch vor wenig Jahren die Wirkung dieses Muskels ganz falsch angegeben.

b) Stratum ary-syndesmicum. (Fig. 48. S.)

So nenne ich diejenigen Muskelfasern, welche von den der vorigen Schicht nach vorn und theilweise nach innen und oben liegend von dem elastischen Gewebestreif, der die Fortsetzung des Ligam. conoideum nach innen bildet und welchen Garcia die Stimmmembran nennt, in ziemlich grosser Ausdehnung entspringen und sich, mit den Fasern des Stratum thyreo-arytaenoideum externum innig verwebt, über der vorigen Schicht, theils an der äussern Kante des Giesskannenknorpels, etwa der Spina transversa gegenüber, grösstentheils dagegen in der Fovea inferior und an der Spina transversa bis zum Abgang des Stimmfortsatzes hin gerade über dem vorigen Stratum (abgesehen von dessen äussern und vordern Fasern) ansetzen. Nach vorn gehen diese Fasern in das Stratum thyreo-arytaenoideum externum über, nach aussen werden sie in ihren vordern Partien vom Stratum thyreo-membranosum bedeckt. Die hintern Fasern dieser Schicht werden von den parallel mit den Stimmbändern laufenden Fasern des Stratum thyreo-arytaenoideum internum durchsetzt. Das Stratum ary-syndesmicum ist voluminöser und faserreicher, als man bei oberflächlicher Untersuchung zu glauben geneigt ist. Denn die innern Fasern desselben werden von den äussern bedeckt, und

*) Physiologische Anatomie. Lpzg. 1856. Engelmann.

die Ursprungsstellen ziehen sich vom Schildknorpelwinkel bis über die Insertion der vordersten Fasern des Stratum crico-arytaenoideum. Ueberhaupt liegen die Strata *a—d* mehr schalenartig übereinander, als membranartig hintereinander. In der Regel sind anatomische Trennungselemente wenigstens angedeutet, nur sehr zarter und etwas undeutlicher Art, auch nicht durchgängig, sondern meist nur theilweise diese Strata von einander isolirend. Vor kurzem hat auch Garcia*) die Selbstständigkeit des in Rede stehenden Stratum anerkannt.



Fig. 48.

Die Wirkung dieser Schicht ist, den Streif des elastischen Gewebes, welcher sich an die untere Zone des Stimmbands anschliesst, anzuspannen, ihn schief nach aussen zu ziehen und so, wie es scheint, die Mitwirkung der untern Zone des Stimmbands bei der Stimmbildung auszuschliessen. Auch Garcia, der dies Stratum ebenso wie Tourtual zum Musc. crico aryt. lat. rechnet) hat in der neuesten Zeit dieselbe Ansicht aufgestellt. Durch diese Aus- und Aufwärtsziehung des subvokalen elastischen Gewebes wird ausserdem auch bewirkt, dass die beiden folgenden Schichten den bei Schluss der Glottis sich vergrössernden Raum zwischen Schildknorpel und den Stimmbändern u. s. w. gehörig ausfüllen, was sonst nicht vollkommen zu erreichen wäre.

Tourtual hat diese Schicht zu seinem innern Bündel des Musc. cricoarytaenoideus lateralis gerechnet. Doch ist weder eine Trennung dieses Muskels in ein äusseres und inneres Bündel physiologisch, noch eine Zuziehung desselben zu einem Muskel mit andern Ursprüngen logisch gerechtfertigt.

c) Stratum thyreo-arytaenoideum externum. Aeussere Schicht des Musc. thyreo-arytaenoideus. (Fig. 47. *c*, 48. 9.)

Dies ist so ziemlich Santorini's M. thyreo-arytaenoideus medius, und macht den grössern Theil von Despiney's und Tourtual's M. thyreo-arytaenoideus superior aus. Man erblickt diese Muskelschicht, die mit der von b) ziemlich gleiche Faserrichtung hat, nur etwas höher liegt, als diese, wenn man die äussern Fasern des Stratum thyreo-membranosum entfernt hat. Es entspringt das Str. thyreo-arytaenoideum externum im Schildknorpelwinkel hinter dem Abgang der elastischen Seitenwand (Membrana vocalis) und seitlich vom Ursprung der innern Schicht unseres Muskels in etwas grösserer Ausdehnung, auch noch vom vordern Theile des untern Schildknorpelrandes von der Insertion der dem Morgagni'schen Atrium zugehörigen elastischen Fasern an, bis an den untern Winkel des Schildknorpels reichend. Wenn man das Ligam. conicum am Schildknorpelrande ablösst, so erblickt man den Ursprung der untersten Fasern dieser Muskelschicht. Die äussern Fasern dieses Stratum's verlaufen nach hinten und etwas nach oben und setzen sich an der äussern Leiste des Giesskannenknorpels und an den hintern Partien

*) Gazette hebdom. II., 46. 1855.

der äussern Fläche desselben oft bis zum Capitulum Santorini hinauf, an. Die meisten Fasern dieses sowohl als des Bündels *b* verlaufen zu denen der innern Schicht des Schild-Giesskannenmuskels unter einem Winkel von 15—20°, ausserdem beschreiben die meisten derselben auch eine nach aussen schwach konvexe Kurve, die bei Kontraktion des Muskels in eine gerade Linie übergeht, wodurch dies Stratum internum einen Druck nach innen erleidet. Die innern Fasern gehen weniger schräg, verweben sich auf eine anatomisch noch nicht hinlänglich aufgeklärte Weise mit denen der vorigen Schicht, koncentriren sich auf diese Art, und inseriren sich endlich an denselben Stellen des Giesskannenknorpels, wie die vorige Schicht. — Man kann eine äussere und innere Schicht dieses Muskels unterscheiden. Die äussere gehört zum Theil der Membrana quadrangularis an, zum Theil dem Obertheile des Giesskannenknorpels, und soll die an jene Membran gehende Partie derselben unter *f*) als Stratum thyreo-membranosum (47. *b*, 48. 11) beschrieben werden. Die gerade nach rück- und aufwärts über oder hinter der Glandula arytaenoidea weggehenden Fasern inseriren sich an die obere Hälfte der Crista externa des Giesskannenknorpels oder gehen sogar über beide Knorpel weg, zur Membrana quadrang. der andern Seite: sie entsprechen einigermaassen dem Santorini'schen Thyreo-arytaenoideus superior (47. *d*). Sie ziehen oder drücken den beweglichen Theil des Knorpels nach vorn, drehen ihn dabei etwas nach innen, und erschlaffen so die Membrana quadrangularis, zunächst das Ligam. ary-epiglotticum. Zuweilen fehlen sie oder sind sehr wenig entwickelt. Die innern Fasern unserer Muskelschicht sind die wichtigern; sie erheben sich nicht bis über das Morgagni'sche Atrium und verlaufen, je weiter nach innen, desto mehr mit den Fasern des innern Stratum thyreo-arytaenoideum parallel. Die ganze innere Abtheilung koncentrirt sich von vorn nach hinten zu einem fast viereckigen nach aussen zugeschärften Bündel, das sich, wie schon erwähnt, mit den Fasern des vorigen Stratum vereinigt, über der Insertion des Stratum crico-arytaenoideum in der Richtung der Spina transversa des Giesskannenknorpels, also hinter der Insertion des folgenden Stratum, und in gleicher Breite mit demselben, anheftet, und so die tiefsten Stellen der Giesskannenknorpelgegend ausfüllt. Es gehören hierher die längsten Fasern des ganzen M. crico-thyreo-arytaen. Die äussern Fasern dieser Schicht verlaufen demnach weiter nach hinten, als die innern. Es entspringen jene zwar auch am Schildknorpel weiter nach hinten, als diese, doch gleicht sich die Sache dadurch noch nicht aus.

Die äussern Fasern dieses Bündels kreuzen sich gewöhnlich mit den des Str. crico arytaenoideum, dergestalt, dass die vordersten Fasern des letztern über die untersten des erstern von der Stelle an, wo diese beiden Muskeln überhaupt durch Konvergenz an einander treten, weggehen. S. Fig. 48. 9, wo die bedeckten Fasern des Stratum externum durch Schraffirung angedeutet sind. Dabei scheint eine Art Anastomose der Fasern stattzufinden, dergestalt, das zwei unter einem spitzen Winkel zusammentretende Fasern in eine verschmelzen, welche dann in einer aus beiden resultirenden Richtung wirkt. So wird eine Gesammtkonvergenz nach einem Punkte zu gebildet, welcher im Processus vocalis und dem Raume zwischen diesen und dem hintern Fortsatz liegt.

Wenn man auch die äussern Fasern des Stratum crico-arytaen. lospräparirt hat, vom Ringknorpel sowohl als auch vom Giessbeckenknorpel, so hat man den Muskel durchaus noch nicht aus seinen Verbindungen gelöst, sondern

er hängt nun nach innen und oben durchaus verwebt mit den übrigen Bündeln. Namentlich bemerkt man unten an der elastischen Membran nach Aufhebung der von unten (vom Knorpel) wegpräparirten Fasern eine Anzahl kurzer Fasern, die von jener Membran kommen und nach jenem Centralpunkt oder in den Centralmuskel gehen. Desgleichen bemerkt man bei genauerer Betrachtung, dass die Fasern des Stratum externum nur zum Theil vom Schildknorpel entspringen, zum Theil auch von der elastischen Membran. Nur die äussern Fasern, sowohl die des Strat. cricoaryt., als auch die des Stratum externum, geben den Schein, als ob der Ursprung so einfach sei, als der gewählte Name besagt.

Von den Fasern, die sich an dem dem Taschenband gegenüberliegenden Theil des Giessbeckenknorpels anheften, gehen mehrere kurze Ausläufer ein- und vorwärts, um die hintere Endigung der Ventrikelrinne auswärts zu ziehen und bei gehöriger Vertiefung zu erhalten. Richtiger nimmt man allerdings an, dass alle diese zu Theilen der elastischen Auskleidung des Kehlkopfs gehenden Fasern des in Rede stehenden Stratums ihren Ursprung am Giesskannenknorpel, als dem festern Insertionsorte haben, und sich an der elastischen Membran, als dem beweglicheren Insertionsorte endigen.

Demnach ist auch die Wirkung dieses Stratum je nach den verschiedenen Anheftungsstellen eine verschiedene. Die letzterwähnten, an der elastischen Membran sich inserirenden Fasern haben eine ähnliche Wirkung, wie die des vorigen Stratum, von welchem sie physiologisch eigentlich gar nicht getrennt werden sollten. Sie heben und spannen die elastische Membran, besonders die Ventrikel, welche sie erweitern, und die obern Glottisbänder, welche sie von einander entfernen, wenigstens verhindern können, dass sie bei der Stimmgebung mit den untern (Stimm-)Bändern in Kollision kommen.

Dagegen ist die Wirkung der zwischen Schild- und Giesskannenknorpel liegenden Fasern so ziemlich die des Stratum crico-arytaenoideum: sie ziehen den Giesskannenknorpel nach vorn, drehen den Stimmfortsatz nach innen, und schliessen die Glottis. Bei der Aktion des Musc. crico-thyreoideus werden die vom Schildknorpel entspringenden Fasern der Strata *b* u. *c* verlängert und die tiefer liegenden gegen einander gedrängt und zu grösserer Konvergenz gebracht. Von den phonischen Wirkungen, die dabei erzielt werden, soll später die Rede sein.

d) Stratum thyreo-arytaenoideum internum. Innere Schicht des Musc. thyreo-arytaenoideus. **Stimmbandmuskel.** (Fig. 49. Fig. 38. *C f*, *D d*.)

Diese Muskelschicht ist von allen die wichtigste, denn sie füllt die Stimmbandfalte aus und konstituirt auf diese Art erst das ganze Stimmband, mit dem es daher fast ganz gleichen Verlauf hat. Denn der Ursprung dieses Muskels liegt genau seitlich ausserhalb des Stimmbands im Schildknorpelwinkel, wo er seitlich am vordern Anfang des Atriums, nach unten bis etwa 1''' über dem untern Rande des Schildknorpels sich abgrenzt; von hier aus verläuft er völlig parallel*) mit dem Stimmband bis zum Stimmfortsatz, an dessen ganzer äusseren Fläche er sich anheftet. Die äussern und untern Fasern stossen mit den innern der vorigen Schicht zusammen und scheinen

*) Nach Harless müssen jedoch die vordern untern Bündel dieses Muskels etwas schief nach aufwärts steigen, um sich diesem Parallelismus zu nähern — wofern nicht diese Bündel dem Stratum c) zuzurechnen sind.

gleichsam mit ihnen zu anastomosiren. Nach oben wird er vom vorigen Stratum etwas überragt. Fig. 49. *A* stellt den Muskel schief von oben und innen betrachtet dar, *B* von oben, *C* von innen, und *D* von oben und innen bei in der Mitte durchschnittenem Schildknorpel. — Im Ganzen stellt diese Muskelschicht, wie Harless richtig bemerkt, eine dreiseitige Pyramide dar, insofern alle Querdurchschnitte bis nahe gegen die beiden Endpunkte Dreiecke darstellen, deren Basis der Aussenfläche (dem vorigen Stratum), deren Spitze dem Stimmbandrande entspricht, (Fig 46. *k*) und weiter diese Dreiecke immer kleinere Flächenräume einnehmen (49. *D*), je näher dem Giesskannenknorpel, immer grössere, je näher dem Schildknorpel der

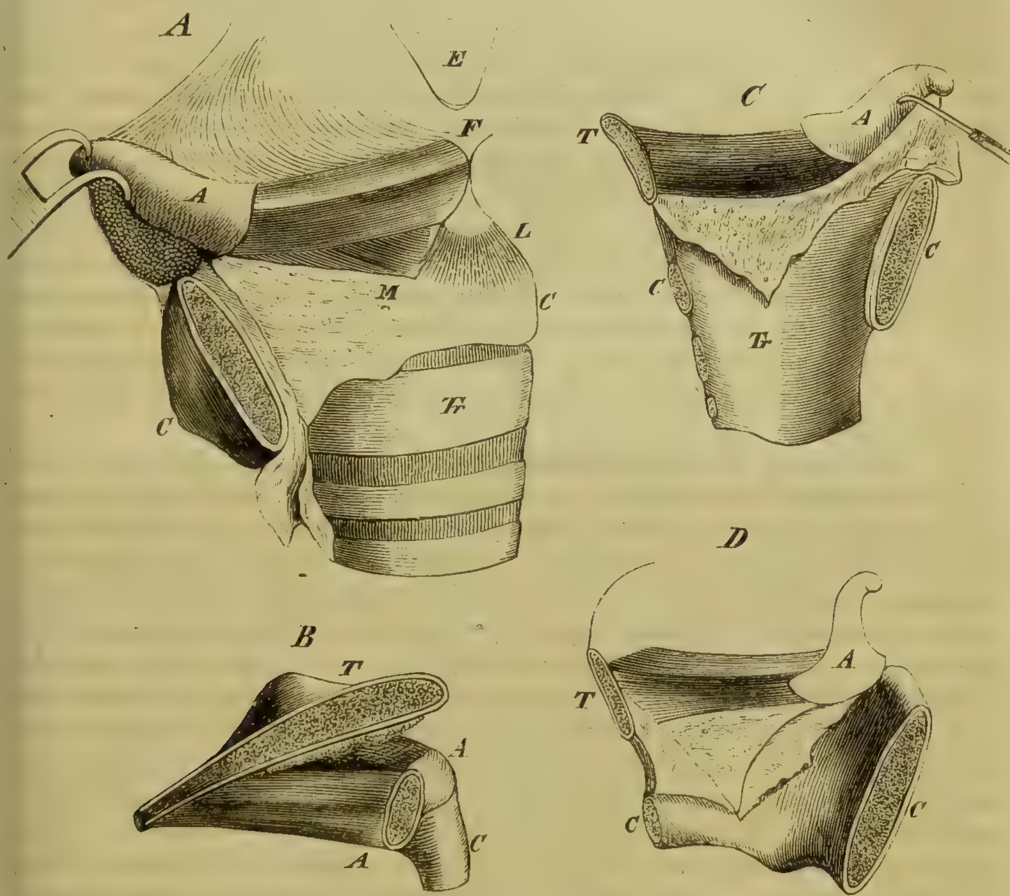


Fig. 49.

Querdurchschnitt geführt wird*). Wenn wir nun diese Muskelschicht in Verbindung mit den elastischen Fasern des Stimmbands, also den ganzen Stimmbandkörper genauer untersuchen, so finden wir (Harless) dass im freien Rande desselben und demselben parallel laufend die elastischen Fasern als platte, ziemlich hohe Bündel, wie Blätter eines Buches neben und überein-

*) Damit in vollkommenem Widerspruch behauptet Garcia (a. a. O.), dass dieser Muskel hinten, je näher dem Giesskannenknorpel, um so dicker, dem Schildknorpel dagegen sich nähert, in gleichem Maasse dünner werde; die äussern Fasern seien die längsten, nach innen zu würden sie allmälig kürzer. Diese Ansicht beruht auf einem Irrthum, der wahrscheinlich dadurch entstand, dass man allerdings, wenn

ander gelagert und unter sich durch viele kleine Querbündel verbunden sind. Letztere werden nach aussen zu, je näher der Muskelmasse, immer grösser und zahlreicher, und helfen das Perymisium derselben bilden. Mit den Knorpeln ist die Muskelmasse sehr innig verbunden, Perichondrium und Perimysium gehen hier in einander über. Demnach ist das eigentliche Stimmband nach Harless als die mit sehr vielen elastischen Fasern gemengte Fascia des Stimmbandmuskels, oder als Aponeurose desselben (wie Despiney will) zu betrachten. Nach meinen Untersuchungen muss ich zwar der Harless'schen (allerdings nicht recht deutlich dargelegten) Ansicht im Allgemeinen beistimmen: indessen habe ich doch Kehlköpfe angetroffen, wo wenigstens im vordern Dritttheil der innern Fläche dieses Muskels sich das elastische, die äussere Umhüllung bildende Gewebe bestimmt, von dem sehnigen, den glatten, glänzenden Ueberzug der Muskelsubstanz bildenden, trennen liess. Im Uebrigen gelingt es wohl an keinem Kehlkopf, die elastische Membran ohne alle Verletzung der äussern Muskelfasern vom Stimmbandkörper zu entfernen. Es kommt mir beinahe so vor, als ob die parallelen Fasern dieses Muskels kleine Nebenfasern besässen, die sich an die Sehnenscheiden, welche von der äussern Hauptmembran sich einwärts zwischen die zunächst hinter ihr liegenden Muskelfasern schlagen, anheften. Jedenfalls gestattet dieses, wenn auch bis jetzt noch nicht völlig genau analysirte Verhältniss der Faserzüge elastischer und konkraktiler Gewebmassen eine sehr gleichmässige Spannung des Stimmbandrandes, und grössere Variationen im Elasticitätsmaasse des ganzen Stimmbandkörpers, als sonst möglich wäre.

Die Wirkung dieses Stimmbandmuskels ist, das an sich hohle nnd schlaffe Stimmband zu ebenen, zu verdichten, und so zur Zunge zu erheben oder geschickt zu machen, das eigentliche Stimmorgan darstellen zu können. Durch seine Kontraktion verkürzt und erhärtet er zugleich das Stimmband und macht es zu vielen Tonabstufungen und selbst neuen Tonregistern geschickt. Während durch einen geringen, bloss von aussen kommenden (durch den Musc. crico-thyreoideus u. s. w. bewirkten) Zug zunächst nur der Rand des Stimmbands ausgespannt wird, da dieser der längste und solideste Theil des ganzen Bandes ist, so ändert sich bei gleichzeitiger oder stellvertretender Kontraktion des Stimmbandmuskels der Elasticitätsmodulus des ganzen Stimmbands, weshalb auch bei gleicher Verkürzung das Stimmband verschiedene Töne erzeugen kann. Nach Despiney, welcher die elastische Natur der Stimmbänder gar nicht zu kennen scheint, und dieselben alssehnige Appendices des gegenwärtigen Muskels ansieht, werden die Stimmbänder

---

man die Fasern des Stratum externum von den des internum zu sondern sucht, die vom internum zunächst nach aussen liegenden Fasern, wenn man von oben nach unten präparirt, und dabei die Muskulatur etwas niedergedrückt, schon mehr oder weniger auf halbem Wege sich endigen sieht, wobei es scheint, als ob dieselben bis zum elastischen Gewebe des Stimmbands vordrängen. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn bei vorsichtiger Wegnahme des ganzen elastischen Stimmbands erhält man keine Fasern von ungleicher Länge, sondern ein regelmässiges, aus lauter parallelen gleichlangen Fasern bestehendes prismatisches Muskelbündel, über welchem die mittlern oder dem Stratum externum angehörigen Fasern in schräger Richtung liegen, aber so dass die als die untersten erscheinenden sich schon der mehr horizontalen Lage der des Stratum internum annähern, während die weiter nach aussen liegenden, noch mehr schräg verlaufenden an der untern Kante des Strat. internum wieder zum Vorschein kommen und ihre Insertionen an Ringknorpel und Membrana vocalis blicken lassen. S. Fig. 49. A. über M.

nur auf diese Weise gespannt und die Stimmritze verkürzt und verengert und dadurch zur Bildung hoher Töne vorbereitet. Nach C. Mayer werden durch unsern Muskel die Stimmbänder nicht gespannt, sondern erschlafft. Er soll ferner den Giesskannenknorpel nach vorn ziehen und dadurch eine Erschütterung desselben hervorbringen, welche die Schwingung des Stimmbands begleitet, und dem hervorgerufenen Tone dadurch eine Modification giebt, die M. Ton durch Stoss oder Stosslaut nennt. So beim Ueberführen der Hauchlaute ἅ, ἡ in ἀ, ἠ, so beim Bellen des Hundes u. s. w Garcia sagt auf Grund seiner vorhin angeführten anatomischen Ansicht dieser Muskelschicht: indem so die horizontalen Fasern, nach aussen immer länger werdend, allmälig ihre Wirkung weiter vorn liegenden Punkten der Glottisränder mittheilen, vermindern sie die Länge der schwingenden Partie und steigern die Tension und Schnelligkeit der Bewegungen. Wir kommen bei der Phonik auf diese Ansicht zurück.

Tourtual hat, ebenso wie Santorini, diese Muskelschicht durchaus nicht genau von der vorigen unterschieden, und auf diese Weise einen Punkt der Anatomie des Kehlkopfs, der bereits auf dem Wege zur Klarheit war, nur noch mehr verwirrt. Despiney, Theile u. a. haben bereits den Stimmbandmuskel ziemlich richtig beschrieben. Letzterer irrt jedoch, wenn er sagt, die innere Schicht des Musc. thyreo-arytaenoideus sei die stärkere. Die äussere enthält (in Verbindung mit dem Stratum *b*) ziemlich noch einmal soviel Fasern, als diese innere.

Santorini unterscheidet noch einen Musc. thyreo-arytaenoideus superior, und zwar so, dass man denselben mit dem Despiney-Tourtual'schen gleiches Namens nicht identificiren darf. In der neuesten Zeit habe ich an einem Kehlkopf dieses, wie es scheint, sehr selten vorkommende Muskelbündel fast ganz in der Weise, wie es Santorini beschreibt und abbildet, angetroffen. S. Fig. 47. *a*. Es war schmal, ging über das Stratum externum hinweg, entsprang am obern Rand des Schildknorpels, da wo derselbe die Excisur bilden will, und inserirte sich über der Insertion des Stratum crico-arytaenoideum: einzelne Fasern schienen in den Musc. crico-arytaen. posticus überzugehen. Die Wirkung dieses Bündels, wo es vorhanden ist, ist den Stimmfortsatz nach innen drehen zu helfen.

e) Stratum ary-membranosum obliquum. (Zum Musc. ary-epiglotticus Santorini, und zum Reflector epiglottidis Theile's. Fig. 48. 12.)

Die Strata *e*) bis *g*) sind dünne, platte Muskelbündel mit sehr wenigen vereinzelten Fasern, welche unmittelbar hinter der innern Schildknorpelfläche, und unter der Schleimhaut, welche den Sinus pyriformis überzieht, also namentlich in der äussern Fläche der Membrana quadrangularis sich verweben. Sie sind von Theile als Reflector epiglottidis beschrieben worden. Da sie aber die Epiglottis gar nicht erreichen, sondern sich im Fett-Zellgewebe der gedachten Membran verlieren, so wollen wir sie als einzelne Bündel hier aufzählen. — Das Stratum ary-membranosum obliquum entspringt vom Giesskannenknorpel und zwar in der Gegend der Insertionen der Mm. crico-arytaenoidei, steigt schief entweder nach der Excisur des Schildknorpels oder mehr nach der Mitte des Ligam. ary-epiglotticum hin aufwärts und verliert sich im Fettgewebe: es besteht meist aus wenig Fasern ist aber doch immer ein ziemlich markirtes, obwohl schmales Bündel, das fast unter einem rechten Winkel über oder durch die äussern Fasern des

Stratum thyreo-arytaenoideum externum verläuft. Die Wirkung dieses Bündels für sich ist, den vordern und obern Theil der Membrana quadrangularis gegen die äussere Ecke des Giesskannenknorpels hinzuziehen, und so die obere Kehlkopfsapertur etwas zu erweitern. In der Regel wirkt es jedoch mit dem Bündel *g*) zusammen, s. dieses. Ein mittleres Bündel, (das etwa von der Mitte der Crista lateralis des Giesskannenknorpels herüber kommt, und parallel mit dem Ligam. ary-epiglotticum etwa in der Mitte der Membr. quadrangularis aufwärts steigt, um sich vielleicht an der Hinterwand des Ventrikels anzusetzen, ist nicht konstant, und als Fortsetzung eines sogen. Musc. arytaenoideus obliquus zu betrachten. S. Fig. 47. *d*.

f) Stratum ary-membranosum rectum. (Fig. 48. 13.)

Dieses Bündel ist noch dünner, und nicht so deutlich markirt, als das vorige. Es fehlt gewöhnlich, wenn das vorhin erwähnte mittlere Bündel vorhanden ist. Es kommt von der Spitze des Giesskannenknorpels, verläuft in dem Lig. ary-epiglotticum, in welchem es sich vorn in der Nähe der Epiglottis verliert. Zuweilen kommen diese Fasern gleichfalls vom Giesskannenknorpel der andern Seite, wo sie den schiefen sich kreuzenden Fasern angehörten: ja es kommt vor, dass Fasern vom Stratum crico-arytaenoideum über den Processus posterior weg, zur Hinterfläche des Musc. ary-arytaenoideus sich begeben, hier schiefe Fasern vorstellen und bis in das Ligam. ary-epiglotticum der andern Seite gelangen. Ueberhaupt scheint der ganze früher Arytaenoideus obliquus genannte Muskel hierher zu gehören. Es sind dies Muskelfasern, die zum grossen Theile keine bleibende Stätte am Giesskannenknorpel haben, sondern diese beiden Knorpel gleichsam umstricken und einschnüren. Einige Fasern dieses Musc. arytaen. obliquus mögen sich an der Spitze des Giesskannenknorpels anheften, die meisten aber, namentlich die tiefer liegenden, gehen über die Santorini'sche Knorpelspitze weg, in den obern Streif der Membrana quadrangularis (Ligam. ary-epiglotticum). — Die Wirkung des Stratum ary-membranosum rectum ist Verkürzung der Membrana quadrangularis in der Richtung von vorn nach hinten, und genauere Annäherung der Capitula santoriniana. Die Epiglottis mag bei dieser Gelegenheit etwas rückwärts bewegt werden. Mehr noch wird aber offenbar die zu manchen phonischen Vorgängen erforderliche Einwärtsrollung der Seitenränder des Kehldeckels durch diese Verkürzung der Membr. quadrangularis bewirkt.

g) Stratum thyreo-membranosum. (Fig. 47. *b*, 48. 11.)

Dies ist eher eine zusammenhängende Schicht zu nennen. Sie variirt an verschiedenen Kehlköpfen sehr. In der Regel entspringt sie als die äussersten, oberflächlichsten Fasern des Stratum thyreo-arytaenoideum externum darstellend, welche erst etwas rückwärts, dann bogenförmig sich krümmend aufwärts gehen, zum kleinern Theil bis an den Santorinischen Knorpel gelangen, zum grössern dagegen aufwärts nach dem obern Rand der Membrana quadrangularis abschwenken und sich hier divergirend verlieren. Die obersten Fasern gelangen auf diese Weise bis in die Gegend der Epiglottis, was Santorini veranlasste, daraus einen neuen Muskel zu machen (Thyreo-epiglotticus). Dabei gehen sie hinter dem Ventrikel weg, und kreuzen oder vereinigen sich zum Theil mit den Fasern der vorigen Bündel. An manchen Kehlköpfen lässt sich eine noch oberflächlichere, auf dem Grund des Sinus pyriformis liegende Schicht von Muskelfasern unterscheiden,

welche mehr an der Seitenwand des Schildknorpels entspringen und in der Schleimhaut jenes Sinus nach der Membrana quadrangularis hin verlaufen. Das Strat. thyreo-membranosum dilatirt die obere Kehlkopfsapertur, indem sie die beiden Membranae quadrangulares seitwärts zieht. Dabei wird der Ventrikel verengert, wenn er mit Luft gefüllt ist, gespannt, und vielleicht auch auf die in dessen Schleimhaut liegenden Schleimdrüsen ein Druck ausgeübt, durch welchen die Abgabe des Sekrets an die Stimmbandfläche nach Bedürfniss vermehrt wird. In Verbindung mit dem Stratum *e*) wirkend wird jener erstere Zweck noch vollständiger erreicht, und namentlich auch die Rima glottidis posterior geöffnet.

Anhang. Tourtual's Muskelbündel der keilförmigen Knorpel (der beweglichen Spitzen der Giesskannenknorpel.)

Nach Tourtual besitzen diese Knorpel ausser den ihnen durch die vorigen Muskeln mitgetheilten noch ihnen eigenthümliche Bewegungen, welche von folgenden an sie gehenden Muskelbündeln vollzogen werden: 1) ein oberstes Bündel des Musc. thyreo-arytaenoideus superior, welches gegen die Spitze des Giessbeckenknorpels sich lenkt und theils am gewölbten äussern Rand des Santorini'schen Knorpels, theils an die hintere Fläche desselben sich ansetzt, und ihn nach hinten und aussen zieht; 2) Fasern des Musc. arytaenoideus obliquus, die sich an den konkaven innern Rand jenes Knorpels und an das zwischen beide sich schlagende Schleimhautband anheften und die Spitze und den innern Rand des Knorpels gegen den innern Rand des Gieskannenknorpels herabziehen und so beide Santorini'sche Knorpel einander bis zur Berührung annähern; 3) ein längliches plattes Muskelbündel, das vom obern Rand der Lamina cricoideae nahe der Mitte desselben, so wie von der Zellgewebsbinde selbst, wo sie hinter diesem Rande aufsteigt, entspringt, hinter den schiefen Giessbeckenmuskeln am innern Rande des Knorpels aufsteigt, und etwas einwärts sich wendend an die hintere Fläche des Santorini'schen Knorpels sich anheftet, den er auf diese Art rückwärts zieht und dabei das Ligam. ary-epiglotticum schwach anspannt. —

Ich kann mich mit der Selbstständigkeit dieser Muskelbündel nicht einverstanden erklären und halte es für überflüssig, dieselben gesondert aufzuführen. Denn No. 1 stellt eben weiter nichts vor, als gelegentliche Verlängerungen der Fasern der bereits von uns als Stratum thyreo-membranosum beschriebenen Muskelschicht; No. 2. sind die wenigen Fasern des Musc. arytaenoideus obliquus, die an der Spitze des Giesskannenknorpels sich zuweilen (aber nicht nothwendig und nach meinen Beobachtungen nie beiderseits) anheften; No. 3 endlich sind Fasern, die ich höchst selten gefunden habe.

Weit konstanter und an einzelnen Kehlköpfen sogar beiderseits von mir gefunden sind Fasern, welche von der oberflächlichen Schicht des M.ary-arytaenoideus sich seitwärts über die Kante des Knorpels schlagen, um sich mit den äussern Fasern des Musc. thyreo-arytaenoideus zu vermischen, und welche von Santorini (Observ. anatom. Pag. 110.) Mm. thyreo-arytaenoidei obliqui genannt und auf Tab. 3. Fig. 1. *l* abgebildet worden sind. S. auch Fig. 47 zwischen *d* und *e*. Sie sind nicht mit dem von uns sub e) erwähnten mittlern Bündel, das auch vom Ary-arytaenoid. herkommt, zu verwechseln.

Zur Versinnlichung der gegenseitigen Lage der kleinern Kehlkopfmuskeln mag beistehende Figur dienen, welche einen idealen, zunächst in der Ebene der

mittlern Zone der Stimmbänder geführten horizontalen Durchschnitt des Kehlkopfs darstellt, zugleich aber auch hinsichtlich des Umfangs des untern Kehlkopfraums zweierlei andere Durchschnitte (*h* und *i*) darbietet, die man sich unter der Ebene der Papierfläche liegend vorstellen muss. Der Ring *hhhhh* stellt einen Durchschnitt der elastischen Auskleidung der untern Kehlkopfsapertur dar, welcher in einer die obere Zone der Lamina cricoid. und das L. conicum durchschneidenden Ebene liegt. Der von ihm umschlossene Raum verjüngt sich bis zu den Spitzen der Stimmfortsätze aufsteigend zu dem Umfang *i i*, dessen vorderes Segment wir uns noch im L. conicum (*hh* bei *l*) liegend vorstellen müssen, bis er endlich, noch höher aufsteigend, bis auf die Stimmritze (zwischen *l* u. *m*) reducirt ist.



Fig. 50.

D) Fascien und Muskelscheiden am Kehlkopf.

Die langen, den ganzen Kehlkopf bewegenden Muskeln (Musc. sterno-hyoideus, sterno-thyreoideus, hyo-thyreoideus und der obere Bauch des Omo-hyoideus) werden vom hochliegenden Blatt der Fascia colli, die eine Fortsetzung der Fascia parotideo-masseterica des Gesichts bildet, überzogen. Diese Fascia schlägt sich, nachdem sie den Musc. hyo-thyreoideus überzogen, über der Linea obliqua des Schildknorpels einwärts, heftet sich besonders an die beiden Protuberanzen desselben, und bildet zwischen diesen die sehnige Scheidewand von etwa 1 bis $1^{1}/_{2}'''$ Breite, welche die Musc. thyreo-pharyngeus und hyothyreoideus von einander trennt. Von hier aus trennt sich die Fascia laryngo-pharyngea von der Fascia colli externa ab, welche nach hinten und unten gehend den Musc. laryngo-pharyngeus und Musc. crico-thyreoideus überzieht, während die zwischen beiden Fascien am untern Theile des Kehlkopfs aufwärts gehende Schilddrüse von einem besonders abgehenden Blatte, das zum sogenannten tiefliegenden Blatt der Fascia colli gehört, überzogen wird. Die Fascia laryngo-pharyngea inserirt sich am untern Horn des Schildknorpels, längs der Crista cricoideae, die sich von der Spitze des untern Horns schief nach vorn und unten auf dem Ringknorpel hinzieht, und stösst vorn inmitten des Bogens dieses Knorpels mit der der andern Seite zusammen, so wie sie auch das Ligam. conicum und die vordere Partie des Schildknorpels bis zum Pomum Adami überzieht, wo sie mit dem hochliegenden Blatt der Fascia colli zusammenhängt. Zuweilen bildet sie von der Protuberantia thyreoideae inferior bis zur Spitze des untern Horns eine starke Aponeurose, und zwischen letzterem und dem untern Rand des Ringknorpels ein ähnliches Brückenband zwischen M. crico-thyreoideus und crico-pharyngeus, wie zwischen den Protuberanzen des Schildknorpels.

Die hintere Wand des Kehlkopfs wird von einer besondern unter der Schleimhaut liegenden Fascia überzogen. Ihre Anheftungspunkte sind an dem untern Rand und an der Medianlinie der Lamina cricoideae, wo sie den M. crico-arytaenoid. post. überzieht; ferner am hintern Rand des Giesskannenknorpels bis zur innern Kante der Hinterfläche des Processus poste-

rior dieses Knorpels, sowie an dem fibrös-zellulösen Gewebe, welches die Rima glottidis posterior umgiebt, besonders am Capitulum Santorini, während sie an der Crista lateralis des Giesskannenknorpels keine festen Insertionspunkte findet. Aus diesem Grunde gehen auch oft Muskelfasern vom Ary-arytaenoid. aus über diese Crista weg. Von den erwähnten Anheftungsstellen aus überzieht sie die Mm. crico-arytaenoidei postici. den M. ary-arytaenoideus, sodann den ganzen Sinus pyriformis und endet oben in dem Lig. ary-epiglotticum, seitlich am ganzen hintern Rand des Schildknorpels, von welchem sie auch den obern und hintern Theil der innern Wand noch bekleidet.

Die äusseren Schichten des M. crico-thyreo-arytaenoideus hängen mit der Schildknorpelwand und dem Stratum internum des Musc. crico-thyreoideus durch mehr oder weniger festes Zellgewebe zusammen, das sich namentlich zwischen dem Stratum crico-arytaenoideum und der innern Schicht des M. crico-thyreoideus in ziemlich festen Skalen oder querübergehenden Zellscheiden darstellt, und in der Gegend, wo die Arteria laryngea inferior in die Kehlkopfshöhle eintritt, zu einem festen Ligament, das die betreffende Stelle des untern Rands des Schildknorpels mit der elastischen Membran und dem obern Rand des Ringknorpels verbindet, verdichtet. — Tourtual beschreibt noch eine innere Fascia s. Aponeurosis laryngis, welche an der Innenseite des Sinus pyriformis zum Theil von der Schleimhaut desselben bedeckt an jeder Seite der Kehlkopfshöhle liegt, und eine faserige Membran darstellt, welche unten von der Kapsel des Schild-Ringknorpelgelenkes, woselbst sie mit dem Perichondrium verwebt ist, abgeht, zwischen dem innern Bündel des Musc. cricothyreoideus und dem M. crico-arytaenoideus lateralis (von beiden und dem untern Schildknorpelhorne zuweilen einige Fleischfasern empfangend) aufsteigt, letztern und den M. thyreo-arytaenoideus nach aussen bedeckt, sich vorwärts bis zu den Ursprüngen der Bündel dieses Muskels hin erstreckt, und oben vor der Schlundmündung des Kehlkopfs bis zum Kehldeckelrande und dem Ligam. hyoepiglotticum hinaufreicht, worauf sie unter diesem Bande sich aufwärts umbeugen und eine kleine Strecke quer verlaufen soll, um demnächst sich an dieses Band in der Nähe des Capitulum des grossen Zungenbeinhorns anzuheften. Diese zu beiden Seiten die Kehlkopfshöhle einschliessende Aponeurose sichert nach Tourtual die genannten Muskeln in ihrer Lage und kann vielleicht durch die erwähnten unten an sie herantretenden Fleischfasern (wo sie vorhanden sind) etwas angespannt werden. An der äussern Seite der birnförmigen Grube, wo zwischen der Schleimhaut und dem Schildknorpel keine Fleischhaut ist, fehlt auch diese Binde. (Tourtual a. a. O. S. 83.)

E. Schleimhaut und Drüsenanhäufungen des Kehlkopfs.

Die Kehlkopfshöhle und die Hinterwand des Kehlkopfs werden von Fortsetzungen der allgemeinen Mund-Schlundhöhlenschleimhaut überzogen, die sich in alle Höhlen und Vertiefungen dieses Organs einschlägt. Diese Kehlkopfschleimhaut ist aber nicht allenthalben von gleicher Beschaffenheit. Was zuerst ihre Anheftungsweise anlangt, so ist sie an der Hinterwand des Kehlkopfs und im Sinus pyriformis, als Theil der Schlundkopfschleimhaut, sehr locker und verschiebbar angeheftet und nur an der Medianlinie der Lamina cricoideae, an der Rinne zwischen letzterer und dem Schildknorpel, auch über dem M. ary-arytaenoideus fester inserirt, bis sie an dem Rande der Giesskannenknorpelspitzen, wo sie sich in die Kehlkopfhöhle

umschlägt, die feste Insertion annimmt, die sie von da an in der ganzen Kehlkopfshöhle beibehält. Aehnlich verhält es sich beim Uebergange der Mundhöhlenschleimhaut in den Ueberzug des Kehldeckels. Ebenso verschieden an verschiedenen Stellen ist die Dicke der Kehlkopfschleimhaut, und ihr Gehalt an traubenförmigen Schleimdrüschen, welche beide Eigenschaften einander im Allgemeinen sich so ziemlich entsprechen. Vor allen sind hier die Stimmbänder (die untern Glottisbänder) zu erwähnen. Diese sind in ihrer ganzen Ausdehnung, also etwa $1\frac{1}{2}$—2‴ nach dem Ventrikelgrunde und 2 bis 3‴ nach unten zu mit einer Membran überzogen, die den Namen einer Schleimhaut eigentlich gar nicht verdient; denn auf diesem ganzen Raum finden sich keine Schleimfollikeln, keine Flimmerhaare, überhaupt gar nichts, was specifischen Absonderungsorganen ähnlich wäre: es ist mehr eine seröse Haut. Nur vorn, wo beide Stimmbänder zusammenstossen, finden sich in der Mitte einige Follikel, ebenso wo sie in die Bedeckungen der Giesskannenknorpel übergehen, wo also die Glottis respiratoria beginnt, die an Follikeln ziemlich reich ist. Die ersten Follikel nach unten finden sich, wo die untere Zone des Stimmbands in das unterhalb liegende elastische Gewebe sich verliert, anfangs vereinzelt und klein, weiterhin häufiger und grösser.

In ähnlicher Weise verhält es sich mit den Ventrikeln. Die Follikel beginnen hier, wie gesagt, etwa $1\frac{1}{2}$‴ vom scharfen Rande der Stimmbänder entfernt, und zwar zahlreicher als unten, besonders in der Mitte und nach vorn zu. Die eigentlichen tiefen Ventrikelsäcke sind mit einer nur sehr dünnen Schleimhaut ausgekleidet, auf deren Oberfläche sich aber die Drüsen der Glandula arytaenoidea zum Theil öffnen, während der übrige Theil derselben sich an der innern Fläche der obern Glottisbänder und dem hintern Theile der Membrana quadrangularis öffnen. Die obern Glottisbänder sind gleichfalls mit einer an Follikeln reichen Schleimhaut überzogen, und deuten schon hierdurch ihre von der der Stimmbänder abweichende Funktion an. Am entwickeltsten, dichtesten und grössten sind die Follikel am untern Theile der Epiglottis, welcher auch von den Ausführungsgängen zahlreicher hinter ihm gelegener Drüsen durchbohrt wird. Was den Schleimhautüberzug der Hinterwand des Kehlkopfs anlangt, so finden sich hier sehr bedeutende Follikelanhäufungen nur oben, wo die Kehlkopfschleimhaut in die Rachenschleimhaut übergeht, also an und unter dem Capitul. Santorini und der Rima glottidis externa, sowie an den von Muskelfasern freien Portionen der Giesskannenknorpel. Am dichtesten liegen sie längs der Rima glottidis externa, wo sie mitunter Knorpelhärte annehmen, und sogar in einzelnen Fällen einen Knorpelsaum, der die sogen. Wrisbergischen Knorpel mit einander verbindet, zu bilden scheinen. — Die Schleimhaut des Kehlkopfs hat mit Ausnahme des Kehlkopfseingangs nur ein Flimmerepithel und keine Papillen, ist reich an feinern elastischen Fasernetzen, namentlich in ihren tiefern Theilen, während die innere Lage mit einer Mächtigkeit von 0,03—4‴ vorzüglich aus Bindegewebe besteht und mit einem nicht zu isolirenden homogenen Saume von etwa 0,004‴ endet. Das Flimmerepithelium beginnt bei Erwachsenen an der Basis des Kehldeckels und über den obern Stimmbändern ist mehrschichtig, im Ganzen 0,024—0,04‴ dick, und kleidet mit Ausnahme der Stimmbänder, die nach Rheiner*) ein geschichtetes

*) Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzburg 1852. III.

Pflaster- oder Plattenepithelium besitzen, den ganzen übrigen Kehlkopf aus. Die Flimmerzellen und Häärchen besitzen grosse Lebenszähigkeit und gehen selbst in Krankheiten nicht verloren. Von einer Desquamation zeigt sich normal am Flimmerepithel das Larynx und der Trachea nichts. Die Flimmerbewegung geht in der Trachea von unten nach oben. (Kölliker, Geweblehre. S. 449. ff.)

F. Gefässe und Nerven des Kehlkopfs.

Der Kehlkopf wird von zwei Arterienstämmen mit Blut versorgt, von denen der obere aus der Carotis, der untere aus der A. subclavia abstammt. Die Art. laryngea superior ist $^3/_4'''$ dick, und geht einige Linien vom Ursprunge der Art. thyreoidea superior entfernt aus diesem Gefässe ab, und läuft in Begleitung des Nervus laryngeus superior (vom N. vagus) zwischen dem grossen Horne des Zungenbeins und dem Schildknorpel, sogleich zwischen M. thyreopharyngeus und hyothyreoideus, also von letzterem bedeckt nach vorn herab (Fig. 41. *t*), und dringt unter dem Ligam. hyoepiglotticum durch die Membrana hyothyreoidea s. obturatrix oder (selten) durch ein Loch im Schildknorpel in das Innere des Kehlkopfs, zunächst an die innere Fläche der von Tourtual beschriebenen hintern Aponeurose, um sich hier zwischen letzterer und dem Musc. thyreo-arytaenoideus in einen obern und untern Ast zu theilen, welche sich in der Schleimhaut, dem Kehldeckel, den Stimmritzenbändern, Muskeln und Knorpeln des Kehlkopfs verästeln. Der hintere Ast schickt hinter dem Schild-Ringknorpelgelenke eine Anastomose zu einem aufsteigenden der Art. laryngea inferior, während der vordere vor dem Gelenke mit einem den M. cricothyreoideus durchbohrenden Zweige der A. laryng. infer. anastomosirt. Die Art. laryngea inferior geht (etwa $^1/_2'''$ dick) von der A. thyreoidea inferior ab, und durchbort entweder (seltener) in Begleitung des Nerv. recurrens die Seitenwand des Pharynx und tritt unter dem Musc. cricopharyngeus in den Kehlkopf, oder begiebt sich (gewöhnlicher) seitlich vom Ligam. conicum, da wo die obere Insertion desselben aufhört, in den Kehlkopf, zunächst in den Raum zwischen Schildknorpel und der elastischen Membran eintretend. (Fig. 41. *s*, 42. *n*, 43. *g*.) Sie versieht mehr die hintern Muskeln und die Rückwand des Kehlkopfs, während die obere Arterie ihr Blut mehr der innern Schleimhaut und den angrenzenden Muskeln zuführt. — Bemerkenswerth ist, dass die obere Arterie ihr Blut herab, die untere heraufsteigen lässt, dass demnach aus der obern das Blut mit weit stärkerem Druck und mit grösserer Ausflussgeschwindigkeit ausströmen muss, als aus der untern. Beim Sprechen und Singen wird viel Blut gebraucht, daher eine solche von 4 Seiten herkommende Blutzufuhr allerdings nöthig erscheint.

Die Venen des Kehlkopfs scheinen nichts Eigenthümliches zu haben, sie begleiten die Arterien. Die Lymphadern ergiessen sich in die tiefen Halsdrüsen.

Die Nerven des Kehlkopfs, wenn wir von dem vom Hypoglossus kommenden Nerven des Musc. hyothyreoideus absehen, sind beiderseits gleichfalls zwei, ein oberer und unterer. Beide kommen aus dem Stamme des N. vagus, der aus diesem Grunde auch zuweilen der Stimmnerv genannt wird.

Nervus laryngeus superior, der obere Kehlkopf- oder Stimmnerv, geht vom Vagus ungefähr in der Mitte des Knotengeflechtes desselben ab, und steigt an der innern Seite der Carotis interna schräg vor- und einwärts gegen den Kehlkopf herab, vor welchem er sich in einen innern und äussern

Zweig spaltet. Der innere Zweig, Ramus laryngeus internus s. superior, ist der dickere, geht von der Art. laryngea superior (s. diese) begleitet, hinter dem M. hyo-thyreoideus durch die Membrana hyo-thyreoidea in den obern Kehlkopfraum, wo er sich nach Bach in 2, nach Hyrtl in 4 kleinere Zweige theilt, welche die hintere Fläche des Kehldeckels (die vordere erhält Zweige vom N. glossopharyngeus, doch stehen nach Mayer vordere und hintere Epiglottisnerven durch einen perforirenden Ast in Verbindung), sämmtliche Muskeln und die Schleimhaut des Kehlkopfs versorgen. Der 4. und zugleich äusserste Ast geht nach Hyrtl am untern Rande des Schildknorpels eine Anastomose mit dem Ramus externus ein, für welche zuweilen ein besonderes, unverhältnissmässig grosses Loch am untern Schildknorpelrande existiren soll. Nach Bach geht der erste Zweig des Ram. laryng. superior vorzugsweise an die Schleimhaut des obern Kehlkopfraums (einschliesslich der Stimmritze), der andere an den M. arytaenoideus transversus und obliquus. Nach meinen Untersuchungen verläuft dieser zweite Zweig in einer Falte an der vordern Wand oder dem Grund des Sinus pyriformis nach der Schleimhaut hin, die den Giesskannenknorpel und den Musc. ary-arytaenoideus überzieht. Ausserdem fand Mayer noch zwei kommunicirende Zweige: Ramus communicans cum n. laryngeo inferiore, welcher sich in drei kleinere Zweige, die an die Schleimhaut der Glottis gehen, und in 5 andere theilt, welche den Plexus arytaenoideus bilden; ferner den Ramus communicans ad plexum pharyngeum nervi recurrentis.

Der äussere Zweig, Ramus laryngeus externus s. inferior (s. crico-thyreoideus) ist der kleinere, steigt mehr senkrecht als der vorige, hinter der Carotis externa längs des Musc. constrictor inferior und des Seitenrandes des Schildknorpels nach innen herab. Durch seine Verbindungen mit dem Ramus laryngeus internus, dem Nerv. cardiacus longus, Zweigen des Nerv. sympathicus und des Plexus pharyngeus superior bildet er den Plexus pharyngeus inferior s. Plexus laryngeus, welcher am untern Ende des Schlundkopfs liegt, und seine Zweige zum Musc. crico-pharyngeus, zur Schilddrüse, zum Musc. sterno- und hyo-thyreoideus, seinen grössten Zweig aber zum Musc. crico-thyreoideus schickt, welcher letztere zwischen dem Schild- und Ringknorpel ins Innere des Kehlkopfs dringt. Nach Bach giebt der Ramus externus einen Ast zum Thyreopharyngeus, einen durch das erwähnte Loch im Schildknorpel gehenden Verbindungsast zum Ramus superior, einen oder einige Aestchen an den obern und hintern Theil des Musc. sternothyreoideus, kurze Fäden an den Musc. crico-pharyngeus, einen grössern Ast an den M. crico-thyreoideus, und einen sich um den untern Rand des Schildknorpels biegenden Ast an den M. crico-arytaenoideus lateralis.

Nervus laryngeus inferior s. recurrens, der untere oder zurücklaufende Kehlkopf- oder Stimmnerv. Der rechte ist etwas kürzer und geht gleich unterhalb der Art. subclavia, der linke geht etwas tiefer vor dem linken hintern Ende des Arcus aortae vom Hauptstamme ab. Beide laufen anfangs spitzwinklig abwärts, schlagen sich dann um ihre Arterie nach hinten und oben um, und begeben sich in die Furche zwischen Luftröhre und Speiseröhre, um gegen den Kehlkopf aufzusteigen. Zwischen den untersten Fasern des M. crico pharyngeus und dem vom untern Rande der Lam. cricoideae entspringenden Bündel des hier beginnenden Oesophagus (Fig. 45. *g*) dringt der Nerv nun in die Höhle des Pharynx oder vielmehr in die Furche zwischen Schildknorpelraum und Ringknorpelplatte, giebt auf diesem Wege an den

Musc. crico-pharyngeus und dessen Schleimhaut Fäden ab, gelangt an den Kehlkopf, läuft (bedeckt vom Musc. kerato-cricoideus, wo er existirt) über dem Lig. kerato-cricoideum weg, unter der Schleimhaut, die sich zwischen Ring- und Schildknorpel schlägt, und begiebt sich von hier aus in die Muskeln des Kehlkopfs. Zunächst geht er unter dem M. crico arytaenoideus posticus, giebt ihm (nach Bach und Mayer 2—3) Fäden, geht dann durch den genannten Muskel quer durch, giebt einen Zweig an den Ary-arytaenoideus, nach Mayer auch an den sogen. obliquus, und kriecht nun unter das Str. crico-arytaenoideum und thyreo-arytaenoideum externum des innern Stimmmuskels, giebt ihnen Fäden, und steuert nun etwa auf die Gegend los, schief aufwärts, die dem Anfang des Stimmbands entspricht, worauf er sich vollends strahlenförmig verbreitet. Nach Hyrtl und Andern zerfällt der N. laryngeus inferior in einen äussern und innern Zweig: der äussere versorgt dieselben Muskeln, welche der Laryngeus superior internus begeht, mit Ausnahme der Muskeln des Kehldeckels (kenne ich nicht); der innere anastomosirt mit dem zweiten Zweige des Laryngeus superior internus, und verliert sich bloss im Musc. crico-arytaenoideus posticus und arytaenoideus obliquus (?). Bock sagt, unser Nerv trete an die hintere Wand des Kehlkopfs, wo er sich mit einem innern und einem äussern Aste in der Schleimhaut und in den Muskeln des Kehlkopfs, mit Ausnahme der des Kehldeckels, verzweigt. — Am Ramus crico-arytaenoideus nervi laryngei inferior. entdeckte Barrow in Breslau*) ein Ganglion arytaenoideum. Jener Zweig verläuft nämlich zwischen Ringknorpel und Musc. crico arytaenoid. postic. nach hinten und oben, und dringt oberhalb des Ringknorpels zwischen die Fasern des Musc. crico-arytaen. ein. An dieser Stelle schwillt der Nerv zu einem länglichen oder runden Ganglion an, aus welchem sehr feine Fäden nach verschiedenen Richtungen hinlaufen, von denen einige bis zur Schleimhaut des Kehldeckels vordringen.

Wenn ein Kehlkopfmuskel an beiden Insertionspunkten beweglich ist, also Antagonismus zeigt, beziehendlich nach der einen oder andern Seite zieht, so erhält er zwei Nerven von verschiedenen Stämmen, z. B. der Musc. hyo-thyreoideus vom Hypoglossus und Laryngeus superior (vagi) die Mm. crico-arytaen. posticus et lateralis, und Mm. crico-arytaen. posticus et arytaen. transversus Zweige vom N. laryngeus inferior, ihre Antagonisten Thyreo-aryt. und ary-arytaen. desgleichen. Letzterer Muskel wird übrigens bald vom obern, bald vom untern Kehlkopfnerv versorgt. Oft erhalten auch die einfach wirkenden Mm. crico-arytaen. lat. und arytaen. transv. etc. Fäden von beiden Nerven. Im Allgemeinen ist der untere Kehlkopfnerv Bewegungs-, der obere Empfindungsnerv (Mayer).

Ueber die Eigenschaften und Funktionen dieser Nerven herrscht noch ziemliche Unklarheit. Nach Stilling (Valentin's Repertorium 1842, p. 331) ist der N. laryngeus superior rein sensitiv, und besitzt wenigstens auf die gröbere Bewegung der Stimmritze keinen Einfluss. Dagegen sei der N. laryng. inferior vorherrschend motorisch, und nur in geringem Grade sensitiv. Der ganze Kehlkopf erhalte seine Empfindlichkeit vom N. laryngeus superior, die Luftröhre die ihrige vom Laryngeus inferior, von welchem auch die Stimmritze allein bewegt werde. Der N. accessorius besitze keinen Einfluss auf die Stimmritze. Der normale Klang der Stimme werde durch den N. la-

*) Sitzung der Acad. d. Scienc. 19. Aug. 1844.

ryng. superior bedingt u. s. w. Auch van Kempen nimmt an, dass sich die Wirkung des N. accessorius nicht auf die Muskeln des Kehlkopfs (und Schlundkopfs) erstrecke, so wie dass der obere Kehlkopfnerv mehr sensitive, der untere mehr motorische, sämmtlich für die innern Muskeln des Kehlkopfs bestimmte Fasern enthalte, ausgenommen den Musc. cricothyreoideus, dessen Nerv vom N. laryng. superior kommt. Nach G. Morganti dagegen ist der N. accessorius vermöge seines innern Astes Bewegungsnerv der innern Muskeln des Kehlkopfs, indem dieser Ast mittelbar den Nervus recurrens und die motorischen Fasern liefert, welche der Vagus auf seinem Wege abgiebt. L. Bernard (Arch. géner. 1844. Avril) behauptet nun gerade nicht, dass die Fasern des Accessorius bis zu den innern Stimmmuskeln gehen, doch nennt er denselben, insofern er, den M. sternocleidomast. und cucullaris versorgend, den Thorax hebt und namentlich das willenlose Zusammenfallen des Thorax verhütet, den Stimmnerven, den Nerven der Sänger, weil diese zumeist mit den Exspirationsbewegungen zu arbeiten haben.

So viel ist gewiss, dass wir weder über die feineren Endverzweigungen, noch über den Centralursprung der Kehlkopfnerven im Klaren sind. Wir wissen noch nicht bestimmt, welche Kehlkopfnerven an die Schleimhaut, welche an die Muskeln gehen, ob sie alle gemischter Natur sind, oder ob es rein motorische und rein sensibele Kehlkopfnerven giebt. Doch führt nach Bidder-Volkmann der mehr sensibele N. superior vorwiegend feine, der mehr motorische Inferior mehr dicke Nervenfasern. Ihre Endigungen finden sich nach denselben in den Muskeln, dem Perichondrium und vorzugsweise in der Mucosa, wo sie oberflächliche und tiefere Netze bilden, erstere mit feinen hie und da sich theilenden Fasern, deren letzte Endigungen noch unbekannt sind, und besitzen an den epiglottischen Zweigen auch mikroskopische Ganglien. Ebenso wenig wissen wir, ob die motorischen Fasern des N. vagus wirklich vom N. accessorius Willisii stammen oder nicht. Jedenfalls ist die Anastomose des Accessorius zu schwach, um sämmtlichen Bewegungsphänomenen, die innerhalb der Bahn des Vagus beobachtet werden, vorstehen zu können. Nicht minder zweifelhaft ist es, ob die Schliessmuskeln der Glottis einerseits und die Oeffnungsmuskeln derselben andererseits durch specifisch gesonderte Nerven regirt werden (Magendie, H. Ley), obwohl es mir wenigstens wahrscheinlich vorkommt, dass die unwillkührlich in Spannung befindlichen Oeffnungsmuskeln von Nerven anderer Art und andern Ursprungs gubernirt werden müssen, als die fast ganz der Willkühr unterworfenen Schliessmuskeln.

Kombinirte Bewegungen am und im Kehlkopf.

Der Kehlkopf, als ein für und in sich abgeschlossener Körper hängt mit dem übrigen Organismus durch feste Verbindungsglieder nicht zusammen, ist aber gerade deshalb um so fähiger, in sehr mannichfaltige Beziehungen zu ihm gesetzt zu werden. Er liegt oder hängt am Halse, zwischen Zungenbein und Luftröhre, vor dem Schlunde, und mittels desselben vor den Körpern der Halswirbel, und zwar des 4., 5. und (bei Tiefstande) 6. Ein aufgehängter Körper wird aber dann erst eine feste Stellung annehmen können, wenn er gleichzeitig wenigstens nach drei einander nach dem Gesetze der Vertheilung oder des Parallelogramms der Kräfte entgegen liegenden Richtungen angezogen wird. Für gewöhnlich hat der Kehlkopf keine ganz feste Stellung nöthig: er sitzt auf der Luftröhre ziemlich locker, aber

auf einer durch das Gleichgewicht der an ihn inserirten Muskeln gesicherten bestimmten, mittleren Stelle des Halses, aus welcher er nach Umständen nach oben oder unten verschoben werden kann, während die seitlich auf ihn einwirkenden Kräfte nur vermittelte sind, und bloss dafür zu sorgen haben, dass er nicht aus der Mittellinie des Halses luxirt werde. Zuweilen aber wird eine festere Stellung für den Kehlkopf erforderlich. Dann ist der dazu gehörige Apparat sehr komplicirt, und es lassen sich gegen 30 verschiedene Richtungen auffinden, nach welchen hier die komponirenden Kräfte mit einander oder einander entgegen zu wirken haben, um zu der resultirenden Wirkung, zur Stabilirung oder Fixirung des Kehlkopfs auf einer bestimmten Stelle und Stufe, zu gelangen.

Zuerst müssen wir uns erinnern, dass der Kehlkopf auf der Luftröhre aufsitzt, also vor Allem die Bewegungen derselben, sofern nicht Hemmnisse eintreten, mitmachen muss. Beim gewöhnlichen, ruhigen Athemholen sind diese Bewegungen (Auf- und Absteigen) fast unmerklich. Beim tiefen, keuchenden Athemholen dagegen, beim Niesen, Husten, Brechen u. s. w. bemerkt man, dass der Kehlkopf während der Inspiration merklich herab, während der Exspiration herauf steigt. Dies ist grossentheils eine durch die Luftröhre vermittelte Mitbewegung. Dieser elastische Kanal muss sich, wie wir wissen, ebenso wie die Stimmritze, während der Inspiration erweitern und während der Exspiration verengen. Eine elastische Röhre wird sich aber am leichtesten erweitern, wenn sie dabei kürzer wird. Daher auch der Kehlkopf am tiefsten sich stellt, wenn die Luftröhre (wie solches für die tiefen Töne erforderlich ist) sich noch besonders erweitert; überhaupt rückt der Kehlkopf am Halse herab, wenn viel Luft auf einmal durchgetrieben werden soll, wenn gleichsam ein grosser Anlauf genommen wird, kurz, wenn rasch tief inspirirt wird. Je mehr aber der Athem ausgeht, desto mehr verengert und verlängert sich die Luftröhre, und desto höher kommt der Kehlkopf zu stehen. Unterstützt oder gesteigert werden diese Bewegungen für gewisse, namentlich phonische Zwecke noch durch die Mitwirkung mehrerer Muskeln, so wie des Zwerchfells. G e h o b e n wird der Kehlkopf zunächst durch die beiden Musculi hyothyreoidei, indirekt auch durch die Mm. biventres, geniohyoidei, mylohyoidei, genioglossi, styloglossi, hyoglossi, stylohyoidei, stylopharyngei, thyreopalatini, hyo-thyreo- und cricopharyngei. Von diesen Muskeln wird in der Anatomie des Sprachorgans (Ansatzrohrs) ausführlicher die Rede sein. Alle diese Muskeln richten von entfernteren Ursprungsstellen aus ihre Fasern gegen das Zungenbein oder den Kehlkopf konvergirend: kein einziger derselben vermag für sich den Kehlkopf gerade in die Höhe zu heben, sondern es müssen immer mehrere Paare derselben nach dem Gesetze des Parallelogramms der Kräfte zusammenwirken, damit die Aufwärtsbewegung des Kehlkopfs als Resultante daraus hervorgehe. Rückwärtsbeugen des Kopfs unterstützt ihre Wirkung. G e s e n k t oder h e r a b g e z o g e n wird der Kehlkopf auf analoge Weise durch die Mm. sternohyoidei, sternothyreoidei und omohyoidei. Demnach ist die Zahl und Masse der Muskeln, welche den Kehlkopf heben, bedeutend grösser als die seiner Herabzieher. Bei einer Vergleichung des Gewichts und der Querschnitte der Hebemuskeln (wobei einige der obengenannten noch fehlten) mit den der Senkmuskeln fand H a r l e s s ein Uebergewicht von etwa $^1/_5$ und einen Durchschnittsmehrbetrag vom Dreifachen zu Gunsten der Hebemuskeln. Dieses Uebergewicht war deshalb nöthig, weil das

Gewicht des Kehlkopfs nebst der daran hängenden schweren Schilddrüse und Luftröhre übertragen werden musste, während dieses Gewicht den an sich schwächeren Herabziehern zu Gute kommt. Die Hebemuskeln werden, während der Kehlkopf sich in der mittlern Lage seiner Ruhe befindet, durch dies Gewicht und die Elasticität der Antagonisten den Grad der Spannung besitzen, welchen die Muskeln in ihrem Gleichgewichtszustand überhaupt haben. Nachlass der Spannung der Herabzieher wird daher stets Steigen des Kehlkopfs zur Folge haben, selbst wenn nur die elastischen Kräfte der Hebemuskeln in Thätigkeit treten. Obwohl nun die Senkmuskeln an Theilen entspringen, welche bei der Inspiration etwas in die Höhe gehen (Brustbein, erste Rippe, Schulterblatt), so senkt sich doch der Kehlkopf während dieses Akts, was also von einer direkten alternirenden Muskelkontraktion abhängig sein muss.

Da bei der Exspiration die Stimmritze enger, die Luftröhre länger und enger ist, auch die Exspiration etwas kürzer dauert, als die Inspiration, so muss die Luft bei der Exspiration caet. par. stärker gedrückt werden, als bei der Inspiration, und der Druck der Luft auf die Wände des obersten Luftröhrentheils (nach Harless um 7 %) vermehrt werden. Wegen der vielfachen Verbindungsstellen des Kehlkopfs mit Zunge, Schlundkopf und Gaumen muss der Kehlkopf manche an diesen Organen stattfindende Bewegung passiv mitmachen, er steigt z. B. beim Schlucken in die Höhe, er senkt sich bei manchen sprachlichen Vorgängen u. s. w. Ueberhaupt wird sich der Kehlkopf immer nach der einen oder andern Richtung passiv bewegen müssen, sobald die andere Muskelgruppe in ihrer mittlern Spannung nachlässt. Es können hier ziemlich auffallende Phänomene eintreten, sobald gleichzeitig die Antagonisten ihre Spannung vermehren; so beruht das Singen hoher Töne bei tiefem Kehlkopfstande auf diesem, allerdings nicht ganz naturgemässem Verhältnisse. Andererseits leisten sich oft die einzelnen Hebemuskeln gegenseitig Sukkurs, so dass der Querschnitt (Kraftbetrag) der wirksamen Muskelmasse vermehrt wird; auch hängt die Endwirkung zum grossen Theil von der Länge der in Thätigkeit gesetzten Muskelfasern ab.

Bei vollkommen ruhigem Athemholen ist, wie wir oben bemerkten, kaum eine messbare Bewegung am Kehlkopf wahrnehmbar; bei forcirterer Respiration (mit Vermeidung jedoch jeder Streckung des Nackens) schwankt die Bewegung nach Harless zwischen 4—6 Millimeter auf und ab. Bei einem 21jährigen Tenorsänger war nach H.s Beobachtung während des Singens des Tones a (20 Millim. unter dem Nullpunkt oder mittlerem Stande des Kehlkopfs) bis zu $\bar{c}$ die Aufwärtsbewegung sehr stätig; von $\bar{c}$ zu $\bar{d}$ kam aber jedesmal, auch wenn nach jedem neuen Tone eine vollkommene Respirationsbewegung gemacht worden war, ein Sprung von 20 Millimetern (ob auf- oder abwärts, wird zwar nicht bemerkt, doch ist wohl der Sprung als aufwärtsgehend anzunehmen) vor, bis bei a der Kehlkopfstand 20 Millim. über Null betrug. Es erfordert also, abgesehen von diesem Sprunge, das Intervall je eines [jedes?] Tones der Skala eine Bewegung des Kehlkopfs von 4 Millim. oder $1\frac{2}{3}$'''. Bei einem 32jährigen Baritonsänger fand H. von g (soll wohl heissen G) bis g ebenso ein Steigen des Kehlkopfs von — 20 bis + 20 Millim., von $\bar{c}$ zu $\bar{d}$ gleichfalls einen Sprung. Demnach*), fährt H.

*) Nach diesen beiden Beobachtungen, die durch ihre eigenthümliche Gleichartigkeit etwas verdächtig erscheinen, dürfte sich wohl noch keine Regel abstrahiren lassen.

fort, wird während des Singens die Luftröhre nicht nur gedehnt und erschlafft, sondern auch im Ganzen auf- und abgeschoben. Da nun an der todten Luftröhre die höchste Verlängerung durch Zug höchstens 30 % beträgt, die scheinbare Verlängerung (um 40 Millimeter) an der lebenden etwa 90 Millim. langen Luftröhre 44 % betragen würde, so müssen wir annehmen, dass hier dieser hohe Betrag zum Theil durch ein Vorschieben der ganzen Luftröhre, also doch wohl mittels des Zwerchfells zu Stande kommt, indem hier eine wirkliche Verlängerung von höchstens 26 Millim. zugestanden werden kann. Nach meinen, zunächst an mir selbst angestellten Beobachtungen und Messungen stellt sich der Kehlkopf, aber nur bei Piano, für den tiefsten Basston des Brustregisters F auf — 9‴ (21 Millim.), bei f auf —4‴, bei $\bar{c}$ auf o, bei $\bar{e}$ auf + 5‴ (11 Millim.); er zeigte demnach einen Spielraum von 14‴ oder 31 Millim. Wir können diese Verhältnisse hier nur vorläufig andeuten, da wir erst im phonischen Theile ausführlicher darüber zu sprechen haben werden.

Die Zungenbein- und Gaumenmuskeln haben ausserdem noch für gewisse Zwecke, besonders zur Erzeugung mancher Klangfarben und Registerunterschiede, die Funktion, durch ihre Kontraktion das Ansatzrohr zu verengen, die Wände desselben an gewissen Stellen einander entgegen zu rücken. So wird zuweilen der Eingang von der Kehle in die Nase durch Aufwärtsziehen des Gaumensegels verkleinert, oder durch Herabziehen desselben erweitert u. s. w.

Von nicht geringerer Wichtigkeit ist der Fall, wo die hebenden und senkenden Muskeln als Fixatoren bald für diesen, bald für jenen sonst beweglichen Theil des Kehlkopfs (oder für das Zungenbein) wirken sollen, damit gegen denselben ein bestimmter Zug eines andern Theils gerichtet werden könne. Hierbei ergeben sich zunächst folgende Modifikationen. 1) Das Zungenbein wird durch seine Hebemuskeln und durch angemessenen regulirenden Antagonismus der Senkmuskeln fixirt, worauf durch die Kontraktion der Mm. hyo-thyreoidei und beziehendlich Thyreo-palatini et pharyngei der Kehlkopf, zunächst der Schildknorpel, gegen das fixirte Zungenbein gehoben wird. 2) Der Kehlkopf ist durch seine Herabzieher in der Tieflage fixirt, worauf entweder die Mm. hyothyreoidei das Zungenbein gegen den Schildknorpel herabziehen, oder die Heber des Zungenbeins dieses von letzterem entfernen können. 3) Der Schildknorpel wird gleichmässig von den Herabziehern und den Mm. hyothyreoidei, sowie Thyreopharyngo, also nach dreierlei Richtungen so angezogen, dass er fest und unbeweglich steht, und nun gegen ihn und innerhalb des von ihm umschlossenen Raumes verschiedene andere Züge geschehen können. Dabei sind wiederum verschiedene Modifikationen der Kehlkopfstellung möglich, auf welche jedoch, da sie lediglich zu bestimmten Stimmphänomenen dienen, wir erst später genauer eingehen können.

Die grösste Bedeutung für die Tonabstufungen erlangen aber die Kehlkopfbewegungen dadurch, dass sich die wesentlich hier sich betheiligenden Muskeln an einer schiefen Linie inseriren, deren Neigung sich bei den verschiedenen Muskelzügen, die an ihr geschehen, ändern muss. Auch diesen sehr interessanten, bisher ganz übersehenen Mechanismus werden wir erst später besprechen.

Wir gehen jetzt zu den Bewegungen über, welche innerhalb des Kehlkopfs stattfinden. Fast alle die hierbei stattfindenden Muskelkontraktionen

haben den Zweck, an den Stimmbändern Veränderungen ihrer Länge, Dicke, Spannung und gegenseitiger Lage herbeizuführen, und diese Organe dadurch zur Erzeugung verschiedenartiger Schwingungen und beziehendlich verschiedener Tonregister geschickt zu machen.

1) Veränderungen der Länge der Stimmbänder. Bei geöffneter Stimmritze, wenn die Mm. crico-arytaenoidei postici kontrahirt sind, können die Stimmbänder durch Kontraktion der Mm. cricothyreoidei verlängert, durch die der Mm. hyothyreoidei verkürzt werden. Ob und in welchem Grade diese Veränderungen während des Lebens zu irgend einem Zwecke stattfinden, dies zu untersuchen liegt ausser den Grenzen dieses Werkes, da bei offenstehender Stimmritze keine Töne, höchstens Geräusche möglich sind, mit welchem wir es vor der Hand nicht zu thun haben wollen. Wir müssen hier sofort von der Grundbedingung aller wahren Tonbildung im Kehlkopf ausgehen, welche, wir wir später genauer untersuchen werden, in einer mehr oder weniger vollkommenen, die zur Wellenbildung erforderliche gegenseitige Annäherung der Stimmbänder bezweckenden Schliessung der hintern oder knorpligen Portion der Glottis besteht. Dieser Schluss der Glottis respiratoria, des Ventils nach Harless, welchen wir vorläufig und ohne auf H.s Ventiltheorie weiter einzugehen, als einen wenigstens in der Regel vollkommenen (nur unter gewissen, vielleicht möglichen, aber durchaus noch nicht nachgewiessenen Umständen unvollkommenen) annehmen, wird, wie aus dem Bisherigen bekannt ist, durch die kombinirte Aktion der Mm. crico-arytaenoidei laterales und des M. ary-arytaenoideus nebst seinen Hülfsbündeln vermittelt. Ist dies geschehen, so vermag keine Kraft am Kehlkopf die Giesskannknorpel rückwärts zu ziehen, weil kein Organ dafür vorhanden ist; und alles, was Liskovius, Harless u. a. von einer Verlängerung der (schwingenden) Stimmbänder durch einen rückwärtsgehenden Zug geschrieben haben, beruht auf irrthümlicher Voraussetzung oder auf unreinen Versuchen.*) Demnach können wir auf die drei von Harless statuirten Fälle der Verlängerung des Stimmbands (durch vorwärts, durch rückwärts und durch vor- und rückwärts zugleich gehenden Zug) gar nicht eingehen, sondern halten daran fest, dass alle Verlängerung der Stimmbänder, wenigstens soweit sie eine tonabstufende ist, in keinem Falle anders, als durch einen nach vorwärts gehenden Zug am Schildknorpel bewirkt werden kann.**)

Diese Wirkung wird erzielt zunächst durch den Zug des M. cricothyreoideus (in Fig. 51 durch *mn*: *o* bezeichnet), zuweilen (bei hohem Stande des Kehlkopfs) mit Unterstützung von Seiten des Hyo-thyreoideus und der das Zungenbein nach vorn ziehenden Muskeln (Geniohyoideus u. s. w.) Durch diesen Zug bewegt sich der Schildknorpel *b c d* um sein Hypomochlion *a*

---

*) Harless a. a. O. S. 573 ff. Liskovius a. a. O. §. 64.

**) Durch die Annahme, dass die Aryknorpel nach hinten gezogen werden können, hat Harless der ganzen Theorie der Stimme eine falsche Wendung gegeben, denn nach seiner Ansicht können beide Bändersysteme, das Stimmband und Kegelband, gleichzeitig ausgedehnt werden, nach unserer Theorie dagegen nur eins auf einmal, während sich das andere verkürzt. H. 583. Harless hätte wenigstens zwischen offener und geschlossener Stimmritze unterscheiden, und nicht das, was nur bei offener Glottis Gültigkeit hat, in einer Abhandlung über die Stimme, wo nur das bei geschlossener Glottis Geltende in Betracht kommen kann, als Princip aufstellen sollen.

nach $b' c' d'$, desgleichen rückt $h i$ (Stimmband) an f (Aryknorpel) festhängend, nach i', k (Kegelband) verkürzt sich, l (Ligam. hyo-thyr.) verlängert sich und rückt vor. Die Stimmbänder sind vom Zustande ihrer grössten Verkürzung bis zu dem ihrer grössten Verlängerung einer Zunahme von 17 bis 40 % fähig. An den Grenzen steht hier nach Harless*) auf der einen Seite (geringste Ausdehnung) das frühe Jugendalter, auf der entgegengesetzten das Blüthealter, während das Alter der eigentlichen Reife und das höhere Alter sich weder dem einen noch dem andern Endpunkt entschieden zuneigt. Als mittlere Grösse der Verlängerung darf etwa 25 bis 29 % angenommen werden, was einen etwa 450 bis 500 Grammen ($1 \frac{1}{5}$ Pfund) entsprechenden Aufwand von Muskelkraft gleich käme. Ueber die bei dieser Verlängerung stattfindende Modifikation der Neigung der Stimmbandebene s. unter Stimmritze. — Verkürzt werden können die Stimmbänder auf zweierlei Art, aber immer auch nur nach einerlei Richtung, nämlich indem von vorn nach hinten der Schildknorpel um seine Axe gedreht und so die vordere Insertion der Stimmbänder der hintern genähert wird. Dies kann entweder durch eine ausserhalb oder durch eine innerhalb der Stimmbänder liegende Kraft geschehen. Ersteres findet statt, indem der Musc. hyothyreoideus und sein Gegenfüssler, der Sternothyreoideus, sich zusammenzieht, während der Cricothyreoideus erschlafft ist, welche Aktion noch durch die der das Zungenbein rückwärts ziehenden Muskeln (Hyopharyngeus, Stylohyoideus, hintere Portion des Digastricus u. a. m.), so wie durch die des Thyreopharyngeus unterstützt werden kann. Durch diese Muskeln werden also die Stimmbänder passiv verkürzt, letztere selbst tragen nichts dazu bei. Aber sie können sich auch aktiv verkürzen, mit oder ohne gleichzeitige Aktion jener von aussen operirenden Organe. Dies geschieht durch die Kontraktion des M. crico-thyreoarytaenoideus. Bei diesem Vorgange wird das Ligam. conicum ausgedehnt und verlängert. Der Widerstand, den es dabei den dasselbe ausdehnenden Kräften entgegensetzt (Elasticitätsmodulus), dient zugleich als Regulator für den beabsichtigten Grad der Verkürzung, ebenso wie der Widerstand, den die Stimmbänder den sie verlängernden Kräften leisten, die beabsichtigten Verlängerungsgrade kontrolirt und fixirt. Da der Elasticitätsmodulus des Lig. conicum bedeutend grösser ist, als der der beiden Stimmbänder, so muss auch eine grössere Muskelkraft zur Verkürzung als zur Verlängerung der Stimmbänder aufgewandt werden, was die Vergleichung der anatomischen Verhältnisse beider Muskelsysteme bestätigt. — Bei der Verlängerung der Stimmbänder werden natürlich auch die Taschenbänder etwas verlängert und verdünnt. Das Atrium ventriculi erweitert sich und wird länger. Der Winkel, unter dem die Stimmbänder am Giess-

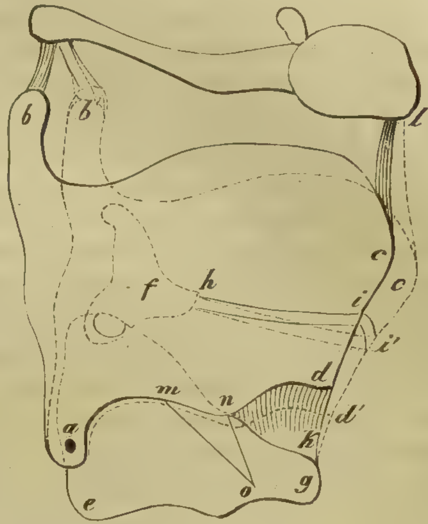


Fig. 51.

*) S. 575.

kannenknorpel inserirt sind, wird grösser, so dass bei starker Verlängerung erstere mit dem obern Rand des Stimmfortsatzes eine gerade Linie bilden. Bei Verkürzung der Stimmbänder findet allenthalben das Entgegengesetzte statt.

2) Veränderungen der Dicke und Form der Stimmbänder. Durch Verlängerung der Glottis werden die Stimmbänder im Allgemeinen verdünnt, der Rand derselben zugeschärft, durch Verkürzung werden sie im Allgemeinen dicker und wulstiger. Da aber durch die bei jeder Verlängerung der Glottis stattfindende Annäherung des untern Randes des Schildknorpels gegen den Bogen und die Seitenwände des Ringknorpels der untere Kehlkopfraum nach vorn zu in seiner Höhe verkürzt, also auch eine Gegeneinanderdrängung der Fasern der tiefern Portionen des M. crico-thyreoarytaenoideus bewirkt wird, so findet in dieser Hinsicht eine Art Kompensation statt, dergestalt dass zwar die obere und mittlere Zone der Stimmbänder sich bei ihrer Verlängerung verdünnen, aber die untere Zone wenigstens in ihrer vordern Abtheilung etwas mehr gewulstet bleibt, als sie sonst sein würde. Ebenso werden bei Verkürzung der Glottis die Stimmbänder zwar im Allgemeinen verdickt und ihr Rand verliert an Schärfe, aber die untere Zone wird weniger sich einwärts wölben, als es geschehen würde, wenn der untere Kehlkopfraum, zunächst der zwischen Schildknorpel und Ringknorpelbogen, nicht bei diesem Vorgange erweitert würde. Durch die Verkürzung werden übrigens die Stimmbänder weniger prismatisch und krümmen sich etwas, so dass sie nach unten eine Convexität bilden: s. die Wirkung des M. hyo-thyreoideus.

3) Die Konsistenz der Stimmbänder wird auch durch die gegenseitigen Bewegungen der Kehlkopfknorpel einigermaassen verändert. Dass der Elasticitätsmodulus der Stimmbänder bei starker Verlängerung derselben wächst und sogar grösser wird, als der des Ligam. conicum, ist bereits erwähnt worden. Im übrigen hängt der Konsistenzgrad der Stimmbänder von dem Extensions- und Kontraktionsgrade, d. h. von der Spannung des Stimmbandkörpers ab.

4) Die Spannung der Stimmbänder ist nächst dem Längengrade die wichtigste Eigenschaft derselben, welche durch die innere Muskelthätigkeit des Kehlkopfs modificirt wird. Wir müssen hier vor Allem die aktive von der passiven Spannung der Stimmbänder unterscheiden, oder das Sich spannen, und das Gespanntwerden. Sich selbst spannen die Stimmbänder an, wenn die Mm. thyreo-arytaenoidei sich zusammenziehen und dabei die Stimmbänder verkürzen, mögen andere Muskeln, z. B. der Hyothyreoideus, dabei mitwirken oder nicht. Gespannt von aussen her werden die Stimmbänder durch dieselben Muskeln, welche sie verlängern. Die Wirkung dieser beiden Muskelakte ist aber durchaus nicht die nämliche. Durch die aktive Spannung mit Verkürzung der Glottis werden die Muskelfasern des Stimmbands gespannt, die elastischen erschlafft; durch die passive Spannung mit Verlängerung der Glottis werden die elastischen Fasern gespannt, die Muskelfasern nicht, obwohl sie auch gleichzeitig durch selbsteigne Kontraktion in einen wenigstens mittlern Spannungszustand treten können. Daraus folgt, dass die verlängerten Stimmbänder schlaff und die verkürzten gespannt sein, dass also recht wohl bei Verlängerung der Stimmritze tiefere Töne zum Vorschein kommen können, als bei kurzer. Der einfache passive

Zug am Schildknorpel spannt zunächst die obere Zone des Stimmbands, da diese der längste Theil desselben ist (s. S. 110.) Der muskulöse Theil des Stimmbands bleibt weich und ungespannt, und kann selbst von dem Druck der andrängenden Luft seitlich verdrängt werden. Zieht sich aber der innere Stimmmuskel zusammen, so ändert sich der Elasticitätsmodulus des Stimmbandrands, dergestalt, dass bei gleicher Verkürzung das Stimmband eine ganze Reihe immer höher werdender Töne erzeugen kann. Bei hoher gleichzeitiger Spannung und Kontraktion (aktiver und passiver Spannung zugleich) kann der Stimmbandkörper endlich so hart und starr werden, dass er vom Windstrom nicht mehr bewegbar ist. Aber auch bei mangelnder Zugwirkung am Schildknorpel kann der Stimmbandrand aufs Höchste verkürzt und der Stimmbandkörper (aber nicht der elastische Rand) auf Höchste gespannt sein. Soll sich demnach das ganze Band gleichzeitig möglichst verkürzen und erschlaffen, so muss die Glottis ohne Mitwirkung des Stimmmuskels (passiv) verkürzt werden, was nicht (wie Harless meint) durch den Musc. cricoarytaen. later. allein ohne den Hyo-thyreoideus u s. w. bewirkt werden kann. Die mittlere Spannung der Stimmbänder wird, wie schon erwähnt, durch das ihnen gegenüber wirkende Ligam. cricothyreoideum s. conicum regulirt. Es erhält bei stattfindendem Muskelgleichgewicht fortwährend die Stimmbänder auf einer und derselben Länge. Umgekehrt ziehen aber auch die Stimmbänder für gewöhnlich am Ligam. conicum einigermaassen, so dass es in gewissem Grade, wenn gleich verhältnissmässig weniger als die Stimmbänder, angespannt bleibt, also nicht bis zu seiner völligen Verkürzung, deren es fähig ist, gelangen kann.*) Erst wenn der M. cricothyreoideus sich zusammenzieht, vermag die volle Verkürzung des Ligam. conicum und hiermit nothwendig die entsprechende Verlängerung der Stimmbänder einzutreten. Hiermit ist aber nicht etwa gesagt, dass die Gegenwart des Lig. conicum zu letzterem Zwecke unbedingt nothwendig sein müsste. Im Gegentheil würde wohl der Musc. cricothyreoideus auch ohne das Ligam. conicum fertig werden — wenn er nämlich stärker wäre und keine Ermüdung zu fürchten hätte. Aber das ist ja eben der Nutzen dieses Bandes, dass es einen Theil der sonst erforderlichen Muskelkraft erspart, ungefähr ebenso, wie bei den Apothekern und Droguisten ein über einem schweren Mörserstössel an der Decke des Zimmers angebrachter mit jenem durch eine Schnur verbundener elastischer Stab, welcher, ohne das Herabfallen des Stössels zu behindern, dass Heben desselben nach dem Maass seiner Elasticität erleichtert. Da die Verlängerung der Stimmbänder der wichtigste Akt am ganzen

*) Um zu erfahren, auf wie weit die Stimmbänder sich verkürzen würden, wenn diese Last nicht an ihnen hinge, stellte Harless (S. 595) einen zweckmässigen Versuch an, wobei er fand, dass 253 Gramm. der Kraft entspricht, welche die Stimmbänder bei völliger Muskelruhe verhindert, sich auf ihr Minimum zu verkürzen, so wie der Kraft, mit welcher die ihre möglichste Verkürzung anstrebenden Stimmbänder der Muskelkraft des Cricothyreoideus entgegenwirken. Ein im Sinne dieses Muskels wirkendes Gewicht von 467 Gramm., das den höchsten Ton oder 33 % Verlängerung erzeugte, entspricht einem in der Richtung des Bandes gehenden Zuge von 253 + 681 Gramm. = 934 Gramm. für beide Bänder. Ein Plus von 10 % würde das Band erst an die Grenze seiner Elasticität bringen: beim Singen wird dieselbe wohl noch nie erreicht. Jenes der elastischen Kraft des Stimmbands entsprechende Gewicht von 253 ist balancirt durch die elastische Kraft des Ligam. conicum; je mehr sich aber der Musc. cricothyreoideus kontrahirt, desto mehr übernimmt er von dieser balancirenden Kraft, und hat sie ganz auf sich, wenn er sich völlig kontrahirt hat. Er entwickelt also im Ganzen eine Kraft von 593 Gramm.

Stimmorgan ist, der unendlich oft wiederkehrt, so ist es wohl eine sehr weise Einrichtung des Schöpfers, dass gerade hier Willenskraft mit Federkraft so zweckmässig und kostensparend associirt worden ist. Für das Stimmband hat der Musc. thyreoarytaenoideus internus eine ähnliche Bedeutung. Auch er dient als Mittel, das Stimmband auf seinen höchsten Grad der Verkürzung, deren es vermöge seiner retraktilen Elasticität fähig ist, zurückzuführen, und den dabei ihm von Seiten des Ligam. conicum geleisteten Widerstand zu überwinden. Er musste stärker sein, als der M. cricothyreoideus, weil er eben einen stärkern Widerstand zu bekämpfen hat, als dieser.

5) Die gegenseitige Lage und Annäherung der Stimmbänder ist das letzte, nicht minder wichtige Moment, welches durch die Aktion der specifischen Kehlkopfmuskeln vermittelt wird. Ueber die verschiedenen Formen, welche die Stimmritze annehmen kann, haben wir bereits besprochen. Hier haben wir nur die Modifikationen zu betrachten, welche zu phonischen Zwecken brauchbar sind, und untersuchen daher zunächst die Veränderungen, welche abgesehen von den Länge- und Spannungsunterschieden an der Stimmritze und den Stimmbändern vor sich gehen können, sobald der hintere Theil der Glottis geschlossen, d. h. für den Luftdurchtritt schlechthin unfähig gemacht worden ist. Es können nämlich die akustischen Verhältnisse der Stimmbänder bei einem und demselben Länge- und Spannungsgrade noch vielfach dadurch abgeändert werden, dass die Bänder gegen einander mit grösserem oder geringerem Nachdruck bewegt worden. Die hierzu vorhandenen Mittel sind dreierlei. a) Stärkere oder nachlassende Kontraktion der Muskeln, welche die Giesskannenknorpel gegen einander bewegen (also der beiden Crico-arytaenoidei laterales und des Ary-arytaenoideus), und dabei die beiden hintern Insertionsstellen der Stimmbänder mehr oder weniger gegeneinander drängen. b) Verkürzung und Anspannung des Musc. thyreoarytaenoideus, wenn bereits die eben genannten Muskeln in entsprechendem Grade sich kontrahirt haben: hier werden die Stimmbänder von beiden Seiten her sich gegeneinander drängen und die Ritze mehr oder weniger fest schliessen. c) Zusammendrückung des ganzen Kehlkopfs, zunächst der beiden Schildknorpelflügel, von den Seiten her, mittelst der Mm. thyreo-pharyngei, vielleicht auch der Mm. sternohyoidei, omohyoidei, sternomastoidei und anderer durch ihre blosse Masse von den Seiten her auf den Kehlkopf drückender Organe (Glandula thyreoidea). Wir sehen, dass der Natur vielfache Mittel zu Gebote stehen, um auf die Stimmbänder, wenn eine akustische Hülfsquelle erschöpft ist, noch andere tonabstufende Einflüsse einwirken zu lassen.

Die obere Kehlkopfsapertur wird verengt (bei bereits geschlossener Glottis) durch die schleuderförmigen, sich bis zur Membrana quadrangularis fortsetzenden Bündel der sogen. Mm. arytaenoidei obliqui (Stratum ary-membranosum rectum), dagegen durch das Str. ary-membranosum obliquum und thyreo-membranosum erweitert.

Dagegen existiren besondere Muskeln für die Bewegung (Niederziehung) des Kehldeckels nicht. Sie sind daher wohl auch nicht nöthig. Nur wenige Fasern aus den vorhin genannten Strata gehen bis an die Ränder des Kehldeckels Im Allgemeinen hängt die Stellung des Kehldeckels, oder der Winkel, den er zur Kehlkopfapertur macht, von der Stellung des ganzen Kehlkopfs, so wie von der Stellung des Zungenbeins zum Kehlkopf ab. Bei hoher Stellung des Kehlkopfs und bei tief gegen den Kehlkopf (durch

Musc. sterno-hyoideus und hyothyreoideus) gezogenen Zungenbein ist dieser Winkel kleiner, der Kehldeckel also herabgedrückt; bei tiefer Stellung des Kehlkopfs und bei weiter vom Kehlkopf abstehenden Zungenbein ist derselbe Winkel grösser, und der Kehldeckel steht mehr aufrecht.

Anhang. Entwickelungsverschiedenheiten. Chemische und physicale Verhältnisse des Kehlkopfs. Maasstabelle.

Während des Fötallebens werden zuerst die wahren Knorpel des Kehlkopfs gebildet, Schild- und Ringknorpel gleichzeitig, später die Giesskannenknorpel, am letzten die Epiglottis, bei welcher, so wie bei den Santorini'schen und Wrisberg'schen Knorpeln, sich frühzeitig ohne vorausgehende Kernbildung die Grundsubstanz in eine Menge verfilzter derber Fasern mit rauhen Rändern und einer der der Bindegewebfasern fast gleichen Breite spaltet.

Der Kehlkopf des neugebornen Kindes ist im Verhältniss zum übrigen Körper ziemlich gross, und bringt Töne hervor, die ihrer Schwingungszahl nach wenig von den der weiblichen Stimmlage abweichen. Auch wächst er von der Geburt an nur unmerklich bis zur Zeit der Pubertät. Nach Dr. Jos. Engel's Pathologisch-anatomischen Studien*) so wie nach meinen Untersuchungen sind bei Neugebornen die Knorpel des Kehlkopfs fast gleich den Trachealknorpeln, dünn, elastisch, die elastischen Bänder weniger entwickelt, die Schleimhaut blass, glatt und besonders im Kehlkopfe von einer eiterartigen (aus Epitheliumzellen bestehenden) Schleimschicht bedeckt, welche auch beim normalsten Zustande der Luftwege nicht mangelt und besonders die Morgagni'schen Ventrikel erfüllt. Der Kehlkopf hat eine von vor- nach rückwärts platt gedrückte Gestalt und auch die Trachea ist im Querdurchmesser weiter als im Durchmesser von vor- nach rückwärts.

Die Eigenthümlichkeiten des Kehlkopfs kleiner Kinder sind nach meinen Beobachtungen etwa folgende. Er ist mehr rundlich und plump, die Dimension von einer Seite zur andern überwiegt die von vorn nach hinten, die beiden Flügel des Schildknorpels wölben sich vorn unter einer Kurve, die einem verhältnissmässig grossen Kreise angehört, zusammen, das Pomum ist fast gar nicht bemerklich, der ganze Kehlkopf ist eng an und sogar unter das Zungenbein gezogen, welches daher relativ noch grösser erscheint, als der Kehlkopf selbst, wogegen die Luftröhre im Verhältniss dünner und enger sich darstellt. Die untern Hörner des Schildknorpels sind verhältnissmässig mehr entwickelt, als die obern. Die Epiglottis ist auf ihrer Fläche sehr gewölbt und erscheint daher rinnenförmig; die s. g. keilförmigen Knorpel oder Morgagni'schen Drüsen sind sehr entwickelt, die Ventrikel gehen sehr tief, der Sinus pyriformis ist sehr breit und verhältnissmässig seicht, die Lamina cricoideae höher, als die Weite des Ringknorpels von vorn nach hinten beträgt. Die Glottis respiratoria ist fast ebenso lang, als die Glottis vocalis (bis zum hintern Ende der Ventrikelrinne gerechnet); die Stimmbänder sind verhältnissmässig dick und wulstig. Die ganzen Knorpel sind weich, sehr elastisch, die innern Muskeln des Kehlkopfs einfacher und wenig entwickelt. Das Merkwürdigste am kindlichen Kehlkopf ist aber jedenfalls, dass der Stimmfortsatz der Cart. arytaenoidea noch gar nicht existirt. Demnach hat Huschke Unrecht, wenn er behauptet**), der Kehlkopf

*) Wiener Zeitschrift von Zehetmayer. I. Jahrg. 12. H. 1845.
**) Eingeweidelehre S. 248.

eines Kindes habe die Verhältnisse des weiblichen Kehlkopfs, und ebenso unrichtig ist seine Behauptung, dieser weibliche oder kindliche Zustand erhalte sich im männlichen Körper, wenn dieser in der Kindheit kastrirt werde. Aus der beiliegenden Tabelle geht hervor, dass der kindliche Kehlkopf seinen geo- und stereometrischen Verhältnissen nach sehr bedeutend sowohl vom Kehlkopf der Weiber als auch von dem der Kastraten abweicht. Dass der kindliche Kehlkopf Töne bildet, die ihrer Schwingungszahl nach von den Tönen weiblicher oder kastrirter Kehlköpfe wenig abweichen, hat seinen Grund in ganz andern Verhältnissen, wie wir weiter unten einsehen werden. Um das 6. Lebensjahr hat der Kehlkopf bereits eine ziemliche Grösse, wobei jedoch die Stimmbänder verhältnissmässig an Dicke verlieren, so dass die Stimmlage sich gegen die der ersten Lebensmonate wenig ändert. Die Kehlkopfmuskeln haben sich jetzt schon bedeutend entwickelt, so dass das Kind bei einiger Uebung einen Stimmfond von etwa 1 Oktave erhält. Vom 6. bis zum 15. Lebensjahr scheint der Kehlkopf in seinen gröbern Dimensionen sich wenig zu verändern, und letztere bleiben bei Knaben so ziemlich noch dieselben, wie bei Mädchen, obwohl bereits vor der Pubertät ein Knabenkehlkopf im allgemeinen straffere Textur und daher auch etwas grössere Dimensionen darbietet, als der Kehlkopf der Mädchen. Mit der Pubertät, zu welcher Zeit der Kehlkopf, besonders der männliche, sich rascher, wenn auch nicht so auffallend, als man in der Regel glaubt, entwickelt, treten im männlichen Geschlecht die Eigenthümlichkeiten des Kehlkopfs hervor, welche den Registerunterschied der männlichen Stimme von der weiblichen bedingen. Der Kehlkopf wächst (sammt dem Zungenbein) während der Pubertätsentwickelung namentlich nach vorn zu, weniger in die Breite als in die Tiefe und Höhe. Das Lumen der Kehlkopfkanals wird weiter. Ein männlicher Kehlkopf übertrifft den Kehlkopf eines kleinen Kindes hinsichtlich seines Lumens etwa um das 6fache. Der Schildknorpel wird härter und der Winkel, unter welchen seine beiden Platten zusammenstossen, weniger stumpf. Namentlich entwickelt er sich in der Richtung von hinten nach vorn in seiner obern Zone, wodurch das Pomum Adami entsteht. Bei diesem Vorgang geschieht es oft, dass (jedenfalls durch äussern Druck beengender Halsbinden u. dgl.) der eine Flügel des Schildknorpels sich weniger vorschiebt, als der andere, und dass so auch die vordern Insertionsstellen der Stimmbänder nicht in eine und dieselbe Ebene zu liegen kommen. S. den uns schon bekannten, trotz dieser Deformität einem guten Tenorsänger angehörig gewesenen Kehlkopf Fig 53. *d.* Der Ringknorpel wächst mehr in die Weite als in die Höhe. Die Giesskannenknorpel entwickeln schon vor der Pubertät ihre vordern Fortsätze, während der Pubertät scheinen sie bloss fester und dicker zu werden, nicht länger. Die Stimmbänder nebst

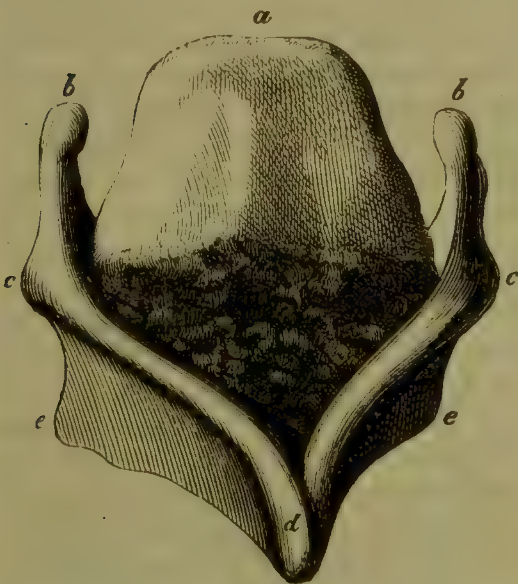


Fig. 52.

den innern Stimmmuskeln werden länger und dicker; letzterer Vorgang geht gewöhnlich innerhalb sehr kurzer Zeit vor sich in Folge einer Hyperämie, welche ernährendes Plasma absetzt, und so die durch Ausweitung des Kehlkopfs entstandene Spannung des elastischen Gewebes*) mindert; gleichzeitig ist die Sekretion der Schleimhaut sparsam: daher die Heiserkeit und Rauhigkeit der Stimme während des Mutirens. Die Ventrikel werden weiter und natürlich auch länger, die Epiglottis wird breiter und verliert an Breitenaushöhlung. Am wenigsten nimmt die Höhe der Lamina cricoideae zu. — Beim Weibe wächst der Kehlkopf während der Pubertätsentwickelung mehr in die Länge, als in die Breite und Tiefe, alle Theile bleiben zärter, elastischer und feiner gebildet, als beim Manne, wo die Knorpel härter, stärker und eckiger werden, und wo namentlich die Protuberanzen der grossen Knorpel sich mehr markiren. Die Stimmbänder und innern Stimmmuskeln sind kürzer, dünner und schmäler, nach Huschke auch straffer, als beim Manne. Aus den auf nachstehender Tabelle verzeichneten Messungen geht ferner hervor, dass der männliche Kehlkopf im Allgemeinen um ein Drittel voluminöser ist, als der weibliche, dass die obere Zone des Kehlkopfs bei den Weibern niedriger ist, daher dieExscisur und die obern Hörner kürzer sind, als bei Männern, während die Ringknorpelplatte bei beiden Geschlechtern ziemlich gleichhoch ist, also der untere Kehlkopfraum beim Weibe einen verhältnissmässig längern Trichter bildet, als beim Manne. Natürlich stehen auch die Giesskannenknorpel und die Ventrikelblindsäcke mit der Höhe der obern Kehlkopfzone in Verhältniss. Der ganze Kehlkopf steht am weiblichen Halse höher und dem Zungenbeine näher, als am männlichen, wo er auch bei seiner Grösse und wegen des entwickelteren Pomum stärker hervorspringt. Diese höhere Stellung des Kehlkopfs wird in phonischer Hinsicht noch dadurch interessant, dass das Zungenbein bei den Weibern in seinen Verhältnissen dem Kehlkopf sich anschliesst. Es ist schwächer, kleiner, schmäler; die Seitenflächen und der untere Rand des Körpers sind noch mit Knorpelmasse überzogen, und erstere durch Synchondrose ziemlich beweglich mit den grossen Hörnern verbunden, deren hintere Enden oder Köpfchen gleichfalls mit Knorpel überzogen sind. Die kleinen Hörner bestehen aus einer nicht sehr harten Knochenmasse, sind gleichfalls mit Knorpel umhüllt, und sitzen frei beweglich mittels einer Gelenkkapsel am obern Rande des vordern Endes des grossen Horns. Beim Manne verknöchern die knorplichen Partien des Zungenbeins frühzeitig, und stellt dasselbe dann einen soliden Knochen dar, an welchem die Gränzen zwischen Körper und Horn oft schwer wahrnehmbar sind. — Bei Kastraten verhält sich nach Gruber (Müllers' Archiv 1847. 5.) das Zungenbein fast genau so, wie bei Weibern. Gruber fand hier den Körper des Zungenbeins beiderseits durch eine grössere Gelenkkapsel frei beweglich mit den grossen Hörnern verbunden, weshalb diese Verbindung bei Kastraten wohl nie verknöchern dürfte. Der Kehlkopf der Kastraten ist in seinen Dimensionen und Grössenverhältnissen dem weiblichen sehr ähnlich; im Allgemeinen übertrifft er jedoch letzteren um ein Weniges an Grösse und Weite, namentlich

*) Dass diese eine Zeitlang bei schon vergrössertem Kehlkopf besteht, beweist der Umstand, dass Knaben, die viel singen, ihren Sopran oft sehr lange behalten, bis endlich die bis dahin hingehaltene Reproduktion in die nicht länger abzuweisende Evolution, die dann sehr rasch vor sich geht, umsetzt.

ist die Glottis länger. Die Glottis respiratoria ist so ziemlich der des Mannes gleich, die Stimmbänder sind etwa 1''' länger, als die weiblichen. Die Höhe der Ringknorpelplatte stimmt mit der des Mannes vollkommen überein.

An den wahren hyalinen Knorpeln des ausgebildeten Kehlkopfs (zu welchen auch die Corpuscula triticea gehören) lassen sich mikroskopisch 3 Schichten unterscheiden: 1) eine peripherische, von geringer Mächtigkeit, dem blossen Auge als schmaler, bläulich opalescirender Streifen erscheinend, der aus einer durchsichtigen, in der Flächenrichtung streifigen Grundsubstanz und aus langgestreckten zur Oberfläche parallel stehenden Knorpelzellen besteht. 2) Die intermediäre Schicht, ein weisslich-opaker schmaler Streifen, der aus einer trüben gelblichen Grundsubstanz mit zahlreichen grössern Mutterzellen (in welchen die fetthaltigen Tochterzellen liegen) besteht. 3) Die breitere centrale Schicht mit völlig durchsichtiger, homogener Grundsubstanz und sparsamen Zellen. Die Intercellularsubstanz nimmt nach dem Innern im Verhältniss zu den eingestreuten Zellen immer mehr zu, und es giebt oft grössere Stellen, welche gar keine Zellen enthalten. An der äussern Oberfläche des Schild- und Ringknorpels ist die peripherische Schicht dicker und leichter abtrennbar, als an der innern. Der Processus vocalis des Schneppenknorpels besteht aus Netzknorpelmasse, zeigt daher ein gelblicheres Ansehn und grössere Biegsamkeit. Die feinen elastischen Fasernetze des Stimmbands gehen ohne scharfe Grenze in diesen Fortsatz über, indem allmälig Zellen zwischen den Fasern auftreten und an Menge zunehmen, während ebenso allmälig das Fasernetz in die hyaline Grundsubstanz des Knorpelkörpers übergeht. Diese Bildung findet sich bereits im Kehlkopf des Neugebornen. Aehnliche Struktur zeigt häufig die Spitze des Schneppenknorpels, wenn sie nicht durch ein wirkliches Gelenk, sondern durch eine biegsame Zwischensubstanz in den Santorini'schen Knorpel übergeht. Letztere besteht aus festem Bindegewebe, in welches eine Menge kleiner zelliger Elemente, bald mit bald ohne Kerne, eingestreut sind. Diese Zwischensubstanz geht ganz allmälig nach dem Santorini'schen, wie nach dem Schneppenknorpel hin in Netzknorpelmasse über. Die gelben Faserknorpel sind nach einem ähnlichen Princip geschichtet. Der Kehldeckel zeigt an der Peripherie eine schmale Partie mit faserarmer heller Grundlage und platten Zellen; an diese grenzt eine centrale Partie mit verworrenem Fasernetz und zahlreichen Zellenräumen, wie in den ächten Knorpeln. Die Richtung der Fasern geht quer durch die Dicke des Knorpels.*)

In den mittlern Jahren, nach Porter gewöhnlich in den dreissiger Jahren, zuweilen schon zwischen dem 20. bis 25. Jahre, beginnt der Kehlkopf normgemäss zu verknöchern. Die wahren Knorpel entwickeln Fasern in ihrer Grundsubstanz, die eine Fettumwandelung der Knorpelzellenkerne und eine Kalkinkrustation einleiten. Der Ringknorpel verknöchert zuerst in seiner dreieckigen Seitenplatte über der seitlichen Gelenkfläche, sowie durch zwei kleine Knochenpunkte nach innen und aussen von der obern Gelenkfläche. Allmälig schreitet die Verknöcherung bis zum Bogen und bis zur Lamina vorwärts, so dass der mittlere obere und der ganze untere Theil derselben nur noch knorplich ist, und auch der untere Rand der Seitenplatte, sowie der ganze Bogen, noch unverknöchert ist. In diesem Zustande findet

*) Rheiner, Beiträge zur Histologie des Kehlkopfs. Inauguralabhandlung. Würzburg 1853.

man den Ringknorpel männlicher Kehlköpfe häufig. Später verknöchert der untere Rand von der Mitte (der Seitenfläche) aus; nach vorn und hinten schreitet die Verknöcherung am langsamsten fort. Der Schildknorpel verknöchert zuerst am hintern Rande und an den Hörnern, dann entstehen drei Verknöcherungspunkte in der Gegend des untern Randes, ein mittlerer, ein hinterer und ein vorderer. Durch Ausbreiten derselben verknöchert endlich der ganze untere Rand, namentlich in seiner hintern Abtheilung, in einer Breite von einigen Linien. Während nun von diesen Stellen aus die Verknöcherung sich weiter von unten nach oben und von hinten nach vorn verbreitet, bilden sich in der Mitte jeder Platte, sowie am obern Rande und an der vordern Kommissur Knochenkerne und Streifen, die sich allmälig mit einander vereinigen, so dass im höhern Alter an jeder Platte nur noch zwei knorpliche Stellen, die eine seitlich und abwärts von der mit einem aus einzelnen Kernen sich entwickelnden Knochensaum eingefassten Excisur liegend, die andere unter dem Theile des obern Rands, der von der Konvexität nach dem obern Promontorium zu liegt, befindlich und sich bis zur Mitte der Höhe der Platte herabziehend, übrig bleiben. Selten verknöchern im Greisenalter auch diese Partien noch. — Der Giesskannenknorpel hat einen im hintern Fortsatz gelegenen Verknöcherungspunkt, der von unten nach oben sich ausbreitet, den Stimmfortsatz jedoch unberührt lässt. Im Allgemeinen sind die Grade der Verknöcherung des Kehlkopfs sehr verschieden. Bald ist nur um die Peripherie der Knorpelhöhlen Kalk abgelagert, bald ist schon lamellöser Bau mit röhrigen verzweigten Kanälen zu erkennen, bald spongiöses, bald cämentartiges Gewebe. Die übrigen Knorpel oder Knorpelanhänge verknöchern nicht. Die Knorpel des Kehlkopfs eines 63jährigen Kastraten fand Gruber (a. a. O.) sämmtlich ganz unverknöchert. Auch der weibliche Kehlkopf verknöchert entweder gar nicht oder nur an kleinen Stellen. Engel fand an alten Weibern nur zuweilen den Schildknorpel etwas verknöchert. Gleichwohl fand ich an einer in mittlern Jahren an einer Darmkrankheit verstorbenen Frau den rechten Schildknorpel zum grossen Theil so cämentartig verknöchert, wie ich es selbst an männlichen Kehlköpfen nur selten gefunden habe.

Im Allgemeinen sind die Ausgangspunkte der Verknöcherung die Ansatzpunkte der Muskeln, und es scheint die Uebung dieser (z. B. bei Sängern) die Ossifikation zu begünstigen und zu beschleunigen, wozu natürlich der vermehrte Zufluss von Ernährungsflüssigkeit, sowie die Nähe der grössern Blutgefässe auch mit beiträgt. Nach Rheiner (a. a. O.) hat der Ringknorpel in dieser Hinsicht keine Priorität vor dem Schildknorpel. Das Volumen des Knorpels nimmt in Folge der Verknöcherung zu. Gewöhnlich beginnt die Verknöcherung in der intermediären Schicht der innern Oberfläche des Knorpels, und geht von da auf die peripherische und centrale Schicht über. Bei Weibern und im Schneppenknorpel bleibt sie meist auf einer niedern Stufe stehen.

Mit der Verknöcherung geht der Process der Rarefaktion und der Bildung eines alveolären Gewebes Hand in Hand. Man erblickt dann nach Entfernung der peripherischen Schicht in einem weitmaschigen oder feinzelligen Balkenwerke ein dunkelrothes, gallertartiges Mark, das zumeist aus kleinen Markzellen mit spärlichen Fettzellen besteht, doch können auch letztere vorwiegen.

Auch eine Rarefaktion durch Erweichung kommt vor, wobei sich mitten

in der Knorpelsubstanz Hohlräume mit glatten oder unebenen nicht verknöchernden Wandungen und mit farblosem flüssigen Fett erfüllt vorfinden.

Ausser diesen Strukturveränderungen treten als gleichfalls physiologisch anzusehende Vorgänge nach Rheiner die faserige und die körnige Umwandlung in den hyalinen Kehlkopfknorpeln auf. Erstere tritt am frühesten ein, im Schildknorpel schon nach den ersten 5 Lebensjahren. Die betroffene Substanz erscheint weisslich oder gelblich gefärbt oder gefleckt, erhält faserigen Bruch und auf dem Bruche seidenartigen, selbst iridisirenden Glanz. Die Faserbüschel durchziehen die centrale Schicht der Quere hindurch, verdecken die Zellen und werden später zu breitern bandartigen Streifen. Der Schneppenknorpel ist nur wenig zu dieser Veränderung geneigt, desto mehr zur körnigen Umwandlung, wobei die Intercellularsubstanz sich mit einer dichten, feinkörnigen, hellbräunlichen Masse erfüllt und auch die Zellen später sich mit feinen Fettkörnchen und dergl. füllen. Diese Veränderung tritt auch in der Lamina cricoid. auf, wenn darin bereits die faserige Metamorphose begonnen hat.

Ausser den Knorpeln des Kehlkopfs verknöchern im Alter auch die Knorpelverbindungen des Zungenbeins, die Luftröhren- und viele Bronchialknorpel, wobei der Kanal sämmtlicher Luftwege um so weiter wird, je verbreiteter die Verknöcherung, so dass in die Trachea zwei starke Finger eingeführt werden können. Auch die Stimmritze wird bei Greisen weiter, gleichfalls im Verhältniss zur Verknöcherung des Schildknorpels. Namentlich ist die Glottis respiratoria weit klaffend, und von der Glottis vocalis durch eine von den Stimmfortsätzen der Giesskannenknorpel bedingte Einengung getrennt. Die Schleimhaut und die übrigen Weichtheile des Kehlkopfs werden im höhern Alter anämisch, trocken, atrophisch: die Gelenkverbindungen straffer, unbeweglicher.

Chemische Verhältnisse (nach Harless a. a. O. S. 509 ff.) Der Wassergehalt des Schildknorpels beträgt 70 – 50 %, nimmt mit Zunahme der Jahre ab, ebenso der des Ringknorpels, der etwa 78 – 60 % beträgt. Ferner wiegen in früher Jugend die löslichen Salze in beiden Knorpeln, besonders im Schildknorpel vor, welches Vorwiegen aber im Ringknorpel länger und selbst progressiv dauert, als im Schildknorpel, wo das Verhältniss sich früher umkehrt. Genau der Abnahme des Wassergehaltes entsprechend nehmen im Schildknorpel die Aschenbestandtheile zu, während beim Ringknorpel die Gewichtsprocente mehr schwanken. Bei jenem stehen mit dem Gewicht der Asche die unlöslichen Salze in geradem, bei diesem oft in ungeradem (überwiegendem) Verhältniss, sowie auch beim Ringknorpel die löslichen über die unlöslichen Salze vorwiegen, fast im Verhältniss zum Mehrgehalt an Wasser. Wir sehen also eine stetige Wasserabnahme mit wachsender Zunahme an löslichen Salzen ohne nothwendig gleichmässige Salzzunahme überhaupt: später gewinnen bei steigender Wasserarmuth und Salzzunahme im Ganzen die unlöslichen Salze das Uebergewicht.

Die physikalen Eigenschaften der Kehlkopfknorpel stehen mit den chemischen und histologischen Veränderungen derselben in Einklang. Das absolute Gewicht, von der Grösse und Natur der Massentheile abhängig, schwankt vom 9. bis 24. Jahre beim Schildknorpel von 1,17 Gramme bis 9,37 Gramme, beim Ringknorpel von 0,65 – 6,82 ziemlich gleichmässig fortschreitend. Das Gewicht des Ringknorpels zu dem des Schildknorpels verhält sich wie 1 : 1,03 (Weib von 24 J.), 1 : 1,80 (Mädchen

von 9 J.), 1 : 1,91 (Mann 50 J.), 1 : 1,50 (Mann 27 J.). — Das specifische Gewicht des unverknöcherten Schildknorpels ist 1,1, des Ringknorpels 1,06 (etwa wie Bernstein), des verknöcherten Schildknorpels 1,25, Ringknorpels 1,20. — Die absolute Festigkeit des verknöcherten Schildknorpels eines 50jähr. Mannes beträgt (1 Quadratmillimeter Querschnitt und 1 Kilogramm als 1 genommen) 6,656; die des unverknöch. Schildknorpels 6,764, Ringknorpels 4,337. Ferner zeigt die rein präparirte Knorpelsubstanz des Schildknorpels eine geringere Biegsamkeit, als der Ringknorpel, auch eine vollkommnere Elasticität. Die Resonanzfähigkeit der Kehlkopfknorpel ist gering. Mögen sie verknöchert sein oder nicht, immer vermindern sie die Schwingungen fester Körper (z. B. den Schlag einer Uhr), und zwar um so mehr, je grösser die Summe der Berührungspunkte beider ist. Die Verstärkung der Stimmbändertöne durch den Kehlkopf, an den sie befestigt sind, rührt daher nicht von der Resonanz der von den Bändern direkt ausgehenden Schwingungen her, sondern von der Reflexion der Wellen, welche von den Stimmbändern der Luft des Kehlkopfraums überbracht werden (Harless a. a. O.).

Organtheile oder Räume.	Männer			
	Huschke	Segond	Merkel	Harless
Ringknorpel.	Par. Linien	P. L.	P. L.	Millimeter
Höhe der Lamina cricoideae (in der Mitte)	$9\frac{1}{2}$'''	10'''	12'''	29,9 Mm.
„ ditto „ (seitlich) .	10	$11\frac{1}{4}$	13	
Höhe des Arcus in der Mitte . . .	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	
Dicke am seitlichen Gelenkhöcker .	3	$3\frac{3}{8}$	$3\frac{1}{4}$	
Dicke am Arcus in der Mitte . . .	1	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	
Dicke der Lamina in der Mitte . .	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	
Länge der obern Gelenkflächen . .	3	$3\frac{1}{4}$	3	
Breite derselben	$1^{3}/$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{4}$	
Durchmesser der untern Oeffnung des Knorpels von vorn nach hinten .	11	9	9	24,5
ditto von einer Seite zur andern			$9\frac{1}{2}$	17,0
Breite von einem untern Gelenkh. zum andern			$13\frac{1}{2}$	
Entfernung von der Mitte des obern Rands d. Bogens bis zur Mitte d. o. R. d. Lamina			$14\frac{1}{2}$	
Querer Durchmesser am o. R. gemessen				17,5
Schildknorpel.				
Höhe auf der Medianlinie	7	$8\frac{1}{2}$	6—9	
Tiefe der Excisur	5	6	6—7	
Höhe des Knorpels seitlich	14	13	12—14	
ditto hinten, ohne d. gr. Horn			14—16	
ditto im Niveau d. Tuberc. infer.		13	14	
Breite vom Pomum bis zum hintern Rand	16	18	15 – 18	34,4
Länge des grossen Horns	7	8	8	
„ „ kleinen „	3	4	4—5	
Dicke des grossen u. kleinen Horns .	$1\frac{1}{2}$—2	$1\frac{2}{5}$—2	2—$2\frac{1}{2}$	
Abstand beider Tubercula superiora .			$21\frac{3}{4}$	
„ ditto „ posteriora (an der Basis der grossen Hörner . .			$19\frac{3}{4}$	46,8
Von der Mitte des einen obern Rands zum andern				33,5
Abstand der hintern Ränder über den kleinen Hörnern			16	33,5
— beider grosser Hornspitzen . . .			15—17	
— der Protub. inf. von der Spitze des kleinen Horns			8	
Winkel, unter dem beide Flügel sich vereinigen			80°	
Kehldeckel: Länge desselben . .			17—18	
„ Breite, grösste . . .			1''	
Giesskannenknorpel.				
Höhe am äussern Rand	$8\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	9†)	
„ innern Rand	$6\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	

Weiber			Kinder	Kastrat	Bemerkungen.
H. e.	S.	M.	Merkel	Gruber	
P. L.	P. L.	P. L.	P. L.	P. L.	
8‴	8 2/7‴	8 1/3‴	5‴	9‴	Segond's Angaben sind Durchschnittszahlen aus 7 weibl. und 4 männl. Kehlköpfen. — Gruber's Angaben beziehen sich nur auf 1 Kehlkopf. — Die meisten der einfachen Angaben sub rubr. Männer(Merkel) beziehen sich auf den Kehlkopf eines Tenorsängers (O. L.)
8 1/2	9 2/7	9 1/3	5 1/2	9 1/2	
3 1/2	2 1/2	2 3/4	1 3/4	3	
2	2 3/7	3	1 1/2	2	
3/4	1	1	1/2—5/8		
1	2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	
2 1/2	2 3/4	3	1 1/2	2 1/2	
1 3/4	1 2/5	1 3/4	1	1 1/2	
6	7 1/2	6 1/4	3 1/2	8	
		5		8 3/4	
		10 3/4		10	
		10 1/2		12	
5 1/2	6	5 1/4	3 1/2 4	6	
3 1/2	4	3—4	1 3/4—2	3 1/4	
9	10	8 1/2	6		
		11	8 1/4	15 †)	†) mit dem grossen Horn.
	10 1/8	10	6	11	
11 1/2	13 1/2	11—12	9	12	
4	6	6	3 †)	6	†) fehlt zuweilen an einer Seite ganz.
2 1/2	3	3—4	3	3	
1 1/2	1 1/5 -1 2/5	2—2 1/4	1		
		15	11		
		12 1/2			
		12	7 1/2	10	
		13—16	10		
		100—120°	Kurve		
		12	6—8	12	
		8	4 3/4	8	
6	6	8 †)	3 1/2	6	†) inclus. des Santorini'schen Knorpels bis zum Capitulum in der Lage.
4	4 3/4	5	2 3/4	4	

Organtheile oder Räume.	Männer			
	Huschke	Segond	Merkel	Harless
Giesskannenknorpel.	Par. Linien.	P. L.	P. L.	Millimeter
Entfernung des äussern und vordern Winkels von einander	$6\frac{1}{2}$'''	$6\frac{1}{2}$'''	$6\frac{1}{4}$'''	
Breite der hintern Fläche in der Mitte	3	$3\frac{3}{4}$		
Breite der innern Fläche an der Basis	3	$2\frac{3}{4}$		
Höhe d. Knorpels von der Gelenkfl. aus				
Abstand vom obern Rand d. Ringknorpels bis zum Capitulum Santor. .			7—9	
Abstand beider Process. post. von einander			$11\frac{1}{2}$	
Santorini'scher Knorpel: Länge . .	3			11,4 Basis.
Apertur des Kehlkopfs, Breite . .			10	23,4 Seite.
Abstand der Epiglottis vom Capitul. Wrisb.			$2\frac{1}{2}$ $4\frac{1}{2}$*)	
Abstand des Pomum vom Capit. Wrisb.			18*)	
Stimmritze: Länge der ganzen . .	11		10—$11\frac{1}{2}$	29,8
Stimmbänder, Länge derselben . .	7		$5\frac{1}{2}$—$7\frac{2}{3}$	18,7 minim.
„ Breite bis zum Grund der Ventrikelrinne			2	23 maxim.
Weite der Stimmritze (Glottis vocalis)	1—2		$1\frac{1}{2}$—2	
ditto (Glottis respiratoria) .	2		3	
Grösste Spannung der Stimmbänder von $6\frac{1}{4}$''' Länge			$9\frac{1}{3}$	
Ventrikel: Länge desselben . . .			8	
— Tiefe desselben vom Rande des Stimmbands bis in den Grund der Ausstülpung			$8\frac{1}{2}$*) $5\frac{1}{2}$ links†) $7\frac{1}{2}$ rechts	
„ ditto „			$4\frac{1}{2}$ $5\frac{1}{2}$*)	
Länge d. Apertur eines sehr tiefen Blinds.			$2\frac{1}{2}$	
Durchmesser der Luftröhre über d. 1. Ringe			$10\frac{1}{2}$	
Länge des 1. Luftröhrenrings . . .			12	
Weite der Luftröhre eines 1jähr. Kindes von vorn nach hinten				
Von der vordern Insertition der Stimmbänder (oberer Rand) bis zum Anfang des Ligam. conicum			5	

Die 4 Seiten der Membrana quadrangularis bei mässiger Anspannung (1 = obere, 2 vordere, 3 untere [zugleich Länge des obern Glottisbands] 4 hintere Seite), in Par. Linien bestimmt.	Männer 1.	2.	3.	4.
	8	13	9	6
	8	$14\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$

Weiber			Kinder	Kastrat	Bemerkungen.
H. e.	S.	M.	Merkel	Gruber	
P. L.	P. L.	P. L.	P. L.	P. L.	
$5'''$	$4\frac{1}{2}'''$	$4\frac{1}{2}'''$	$2\frac{3}{5}'''$	$6'''$	
$2\frac{1}{2}$	3			$2\frac{3}{4}$	
$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$			$3\frac{1}{2}$	
		6	3	5	
		5—6	3—4		
		9		2	
$2\frac{1}{2}$					
		9	$3\frac{1}{2}$—5		
		$3\frac{1}{2}$—4	2 $2\frac{1}{4}$		*) $2\frac{1}{2}$ bei einem Tenorsänger, $4\frac{1}{2}$ bei einem Phthisicus.
				13	*) bei demselben Tenors.
		8	$4\frac{1}{2}$—5	9	
		5	$2\frac{1}{2}$—3	6—$5\frac{1}{2}$	
		$1\frac{1}{5}$			
		$1\frac{1}{4}$	1	1—$1\frac{1}{4}$	
		2	$1\frac{1}{2}$	2	
		6	4	6	*) nur einerseits.
		$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$		†) bei obigem Tenors. Bei diesem betrug der Abstand des Ventrikelgrunds vom Capit. Wrisb. 1″.
		$3\frac{1}{2}$			*) bei einem Phthisicus.
		$6\frac{1}{2}$			
		$10\frac{1}{2}$			
			3		
		3			

Weiber			
1.	2.	3.	4.
8	13	6	$7\frac{1}{2}$
7	$11\frac{1}{2}$	5	5

Kind			
1.	2.	3.	4.
$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$

Das Ansatzrohr.

Unter Ansatzrohr des menschlichen Stimm- und Sprachorgans haben wir alle die Räume zu verstehen, welche zwischen Kehlkopf und Mund-Nasenöffnung liegen, und in welchen der im Kehlkopf gebildete Ton weitere Veränderungen erleidet oder zu letzterem neue Schallphänomene hinzugefügt werden. Wir betrachten die hierhergehörigen Organe lediglich aus dem Gesichtspunkte der in denselben vorgehenden Schallphänomene, werden daher die übrigen Funktionen, welche dieselben ausserdem zu erfüllen haben, unberücksichtigt lassen, und aus diesem Grunde auch bei der Anatomie Manches übergehen oder nur oberflächlich berühren, was für die Theorie des Schlingens u. s. w. von Wichtigkeit ist. Aus gleichem Grunde finde ich mich auch einen vom hergebrachten etwas abweichenden Gang in meiner Beschreibung anzunehmen und einzuhalten veranlasst.

Das Ansatzrohr zerfällt nach unserer Betrachtungsweise in das Fangrohr, in die beiden Ausströmungsapparate, von welchen der obere durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getheilt ist und mit verschiedenen Resonanzapparaten in Verbindung steht, und in die Absperrungs- und Schliessungsorgane. Das Fangrohr entspricht so ziemlich dem von den Anatomen sogenannten Pharynx oder Schlundkopf, der obere Ausströmungsapparat begreift die Nasenhöhlen mit ihren Nebenhöhlen, der untere Ausströmungsapparat die Rachen*)-Mundhöhle nebst dem Backen-Lippenvorraum, und die Absperrungs- und Schliessungsorgene sind der Kehldeckel, der weiche Gaumen, die Mandeln, die Zunge, die Backen, und die Lippen.

A. Das Fangrohr oder die Fangrinne, Tubus phonolepticus. (Fig. 53.)

Den Namen Fangrohr habe ich für diese Abtheilung des Ansatzrohrs deshalb gewählt, weil sie die Aufgabe hat, den aus dem Kehlkopf emportretenden tönenden Luftstrom aufzunehmen, bevor er weiteren Veränderungen unterworfen und ausgeführt wird. Der gewöhnliche Ausdruck Schlundkopf passt für unseren Zweck deshalb durchaus nicht, weil derselbe lediglich auf das Schlingen Bezug nimmt, und weil sogar unser Fangrohr wesentlich andere Begränzungen hat, als der Schlundkopf nach der gewöhnlichen Anatomie.

Das Fangrohr steht senkrecht auf dem Kehlkopf und reicht von der obern Apertur des letztern bis zum obern blinden Ende des Schlundkopfs an der Schädelbasis und hat von unten bis oben bei mittlerer Kehlkopfstellung am erwachsenen Menschen (z. B. bei mir) eine Länge von ungefähr 4 Pariser Zollen, welche jedoch durch die Bewegungen des Kehlkopfs sich vielfach ändern kann. Es liegt seiner ganzen Länge nach vor den von einigen dünnen Muskeln theilweise bedeckten Körpern der $4\frac{1}{2}$ obern Halswirbelkörper, sowie dem Ligamentum obturatorium atlantis und dem Theile der Pars basilaris des Hinterhauptbeins.

Das Fangrohr ist kein Rohr im eigentlichen Sinne des Worts, sondern mehr eine Rinne, die wohl einen vollständigen Boden und grösstentheils geschlossene Seitenwände hat, aber vorn für gewöhnlich nur höchst unvollständig bedeckt ist. Nur wenn durch Herabziehung des weichen Gaumens

---

*) Vestibulum pharyngis medium. Tourtual (p. 75.)

gegen den Zungenrücken die hintere Mundöffnung geschlossen ist (und so sich die sogen. Rachenhöhle mit dem Fangrohr vereinigt hat) kann man einigermaassen von einem Rohre reden, das aber auch dann nach oben von den Choanae narium durchbrochen ist. Aber nirgens im ganzen Verlaufe ist das Fangrohr ein in sich abgeschlossener Cylinder, wenn man nicht die Hinterwand des Gaumensegels als Vorderwand des Fangrohrs betrachten

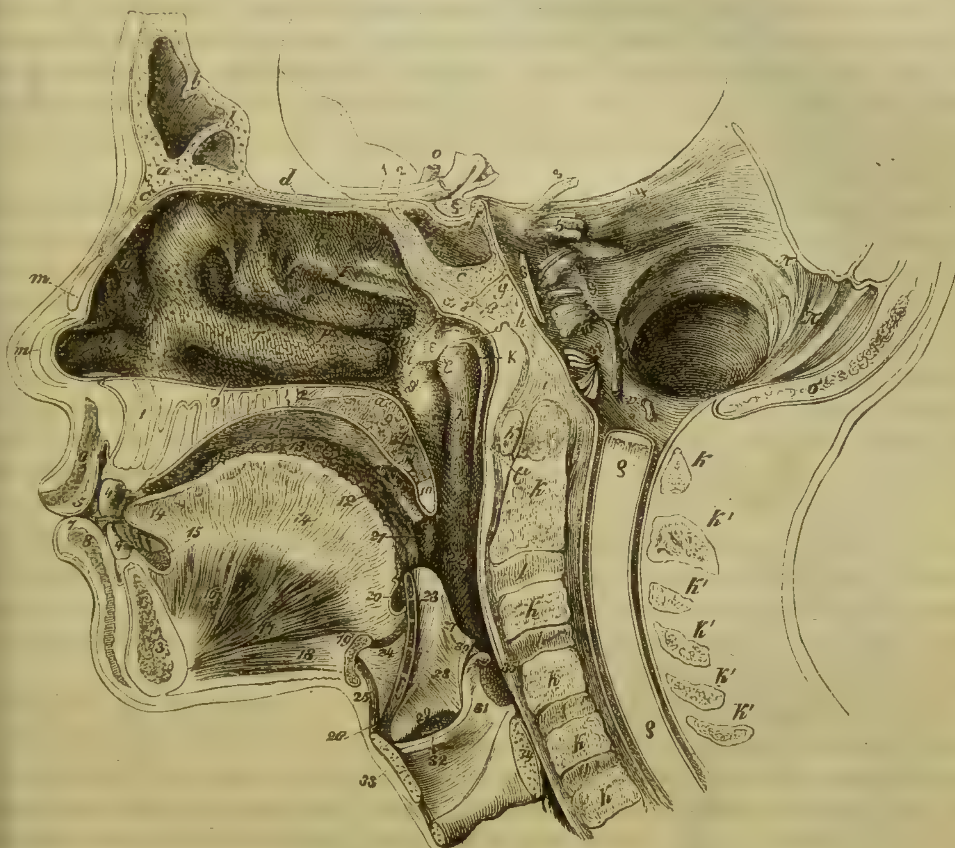


Fig. 53.

will. Da diese Rinne senkrecht steht, so ist ihr Boden nach hinten gekehrt, ihre unvollständige Decke nach vorn. Will man diese Decke oder vordere Wand einigermaassen begrenzen, so kann man es nur thun, indem man die Ränder der Oeffnungen, welche in das Fangrohr einmünden, mit einigen Linien unter einander verbindet. Auf diese Art findet man, dass die Tiefe des Fangrohrs im untern Ende beim Manne etwa 6—7‴, in der Mitte (auf der vom obern Rande der Epiglottis zur Spitze der Uvula gezogenen Linie) im Indifferenzzustande etwa 5 - 6‴, von der rückwärts gezogenen Zungenwurzel bis zur Hinterwand etwa eine Linie mehr, und oben am Gewölbe (nach Huschke) 10‴ beträgt. Diese Abstände ändern sich jedoch bei den verschiedenen Bewegungen der die Vorderwand bildenden Organe sehr vielfach, wie wir später sehen werden. Im Allgemeinen ist also die Tiefe des Fangrohrs an seinem obern Ende am grössten, in der Mitte am kleinsten. Die Breite des Fangrohrs ist durchweg beträchtlicher als die Tiefe. Da wo die untere Portion aufhört (in der Gegend des Zungenbeins), ist sie am grössten, 16—18‴; in der Mitte (hinter der Rachenenge) am geringsten,

nach Huschke nur 10'''; wogegen sie am obern Ende wieder bis auf 12 bis 14''' anwächst. — Nach diesen Angaben kann man sich vom Rauminhalte des Fangrohrs eine ungefähre Vorstellung machen. Derselbe erscheint in der Mitte am geringsten, unten etwas grösser, oben am grössten.

Die Wände des Fangrohrs sind 2 — 3''' dick, bestehen innerlich aus Oberhaut (Pflasterepithelium auf Pars isthmica und laryngea, Flimmerepithelium auf Pars nasalis) und Schleimhaut, worauf eine Zellhaut, dann eine Muskelhaut und endlich ein dichtes Zellgewebe folgt, durch welches das Fangrohr sich an die Halswirbelsäule locker anheftet. Ausserdem sind an mehrern Stellen Sehnen- und elastische Fasern reichlich eingewebt. Auf diese Weise erhält das Fangrohr eine ziemliche Festigkeit, Ausdehnbarkeit und Beweglichkeit.

Die Organe, welche dem Fangrohre als Anheftungspunkte dienen und zugleich das Zusammenfallen desselben verhüten, sind theils bewegliche: der hintere Theil des gesammten Kehlkopfs, namentlich die Seitenflächen und hintern Ränder des Ring- und Schildknorpels, die Hörner des letztern, die seitlichen Partien des Ligam. hyo-thyreoideum, die Hörner des Zungenbeins, die Unterkiefer, die Zunge, die Backen und die hintern Gaumenbogen; theils unbewegliche, stabile*): die innern Flügel der Flügelfortsätze des Keilbeins, die knorpeliche Eustachische Trompete, der vordere Theil der untern Fläche des Felsenbeins, die untere Fläche des Zapfentheils des Hinterhauptbeins und der zwischen beiden Knochen liegende Faserknorpel, endlich die Körper und Zwischenknorpel der obern Halswirbel. An diesen festen, knöchernen und knorpeligen, zu einander unbeweglichen Organen hängt das Fangrohr, wie ein Beutel, der vorn aufgeschlitzt ist, herab, und wird nach unten durch das Zungenbein, wie durch einen Ring, auseinander gehalten und vor dem Zusammenfallen gesichert.

Die Bewegungen oder Raum- und Formveränderungen am Fangrohr sind theils von aussen bewirkte, passive, theils durch eigene Fähigkeit hervorgerufene, aktive; erstere können in einer Erweiterung und Hebung, oder in einer Zusammendrückung, oder in einer Verlängerung, Herabziehung bestehen; letztere sind immer von Verengung und Verkürzung der beweglichen Theile des Fangrohrs und gleichzeitigem Heben der am untern Ende hängenden Organe begleitet. Von diesen Bewegungen, sowie den dieselben vollziehenden Organen und sonstigen Motiven werden wir weiter unten im Einzelnen sprechen, wenn wir zuvor das Fangrohr seiner innern Fläche nach genauer kennen gelernt haben werden.

Wir wollen zu diesem Behufe das Fangrohr in drei Stücke eintheilen, in den Kehlkopftheil, den Rachentheil und den Nasentheil.

1) **Kehlkopftheil,** Pars laryngea tubi phonoleptici. (Fig. 54. *h—l*.)

Mit diesem untersten Theile des Fangrohrs machen wir billig den Anfang, weil die im Kehlkopf gebildeten Tonwellen in diesen Theil zuerst eintreten. Der Kehlkopftheil des Fangrohrs begreift den in seinem Durchschnitt dreieckigen Hohlraum, der über und hinter der Apertur des Kehlkopfs, besonders zwischen dem Kehldeckel und den Sinus pyriformes, sowie den Giesskannenknorpelmuskeln selbst liegt. Begrenzt wird er nach unten vom

*) D. h. vorausgesetzt, das der Kopf eine unverrückte mittlere Stellung zur Halswirbelsäule angenommen hat.

Zusammenstoss der hintern Kehlkopf-Schleimhaut, da wo sie den obern Rand der Lamina cricoideae überzieht, mit der Schleimhaut der Hinterwand des Schlundkopfs; (*k*) nach oben von einer Linie, die man sich etwas über und hinter dem obern Kehldeckelrande am Pharynx gezogen denken mag (*l*). Die Seitenflächen werden von dem innern Ueberzuge des hintern obern Theils beider Schildknorpelplatten und dem Lig. hyo-thyreoid. posticum und theilweise laterale (membr. obturatoria) gebildet; sie werden oben von den Hörnern des Zungenbeins, unten von der Rinne des Sinus pyriformis begrenzt. Die vordere Grenze wird vom Lig. glosso-epiglotticum laterale (Fig. 55. *g*) und der Plica hyo-epigl. externa (*i*) beiderseits, und vom obern Rande des hervorstehenden Theils der Epiglottis (54. *h*) selbst gebildet. Die Hinterwand dieses Raums wird von der zwischen den obern Hörnern u. obern Portionen der beiden hintern Ränder des Schildknorpels, so wie zwischen beiden Ligg. hyo-thyreoidea postica und zwischen beiden Zungenbeinköpfchen ausgespannten Port. des Schlundkopfs dargestellt (Fig. 72. *m. o*). Zieht man die vom obern Epiglottisrande und den seitlichen Zungen-Kehldeckelbändern gebildete Linie in der Richtung der Kehldeckelstellung nach oben und hinten bis zur hintern Wand des Fangrohrs zur Fläche aus, so bekommt man die obere Fläche oder das Dach dieses Hohlraums, während der Boden desselben von der Kehlkopfsapertur, den Sinus pyriformes und den Giesskannenmuskeln gebildet wird. Demnach wird der Kehlkopftheil des Fangrohrs seitlich von 2 irregulären Dreiecken, hinten von einem senkrecht, oben von einem schief nach oben und hinten, unten von einem schief nach unten und hinten stehenden Parallelogramm begrenzt. Mit der Regelmässigkeit dieser Dreiecke und Parallelogramme darf man es natürlich nicht so genau nehmen, so wie auch die Fläche des untern Parallelogramms oder der Boden des in Rede stehenden Raums weit entfernt ist, eine Ebene zu bilden, indem derselbe an den Seiten vertieft, in der Mitte erhaben ist. Im Allgemeinen können wir jedoch, was die Dimensionen dieses Raums anlangt, annehmen, dass derselbe beim Manne von der Mitte des Körpers der mässig gehobenen Epiglottis an bis zur Hinterwand 9 bis 10‴, von der Rima glottidis posterior bis ebendahin 5‴ tief, an der Hinterfläche in der Mitte 18—20‴ hoch, und 15—16‴ breit ist. Vom Kehlkopftheil des Schlundkopfs (Tourtual Cap. 9.) unterscheidet er sich dadurch, dass die untere, zwischen Lamina cricoideae und hinterer Pharynxwand liegende Abtheilung des erstern

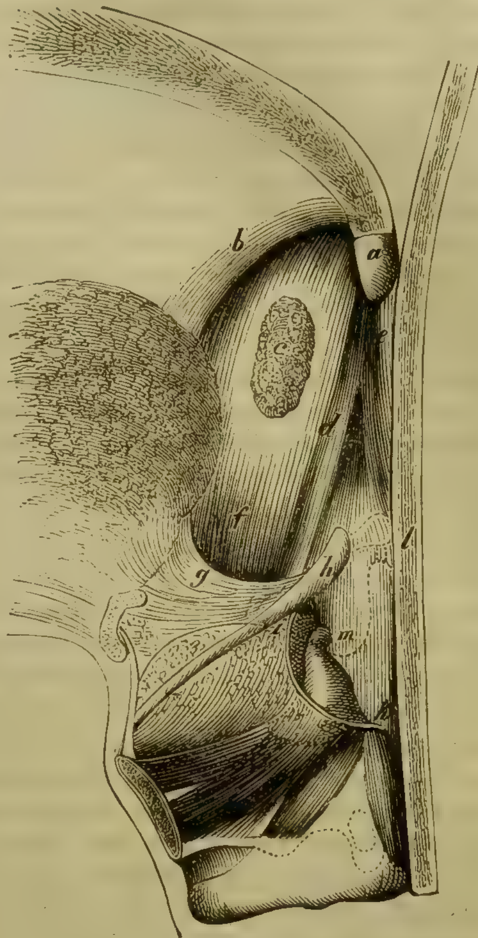


Fig. 54.

fehlt, weil sie während aller phonischen Vorgänge geschlossen und demnach für unsern Zweck gar nicht vorhanden ist.

Was wir den Boden des Kehlkopftheils des Fangrohrs genannt haben, ist, wie jeder auf den ersten Blick einsieht, keine wagerecht liegende Ebene, sondern eine sehr ungleiche, theilweise mehr senkrecht als wagerecht liegende, und von einer grossen Oeffnung durchbrochene Fläche, wie sie von den rückwärts sehenden Theilen des Kehlkopfs, mit Ausnahme der Lamina cricoideae, gebildet wird. Von der erwähnten Oeffnung, die bekanntlich die obere Kehlkopfmündung, darstellt, und wie wir wissen, von dem Kehldeckel, den Plicae ary-epiglotticae, den Spitzen der Cartilagg. Wrisbergianae et Santorinianae, und dem Ligamentum interarytaenoideum umgränzt wird, wollen wir hier nicht weiter sprechen, sondern nur das Eine uns ins Gedächtniss zurückrufen, dass das Niveau dieser Apertur die erhabenste Portion des Bodens des Fangrohrs darstellt, von welcher aus zu beiden Seiten derselbe sich zu zwei geräumigen tiefen Buchten herabsenkt, welche Tourtual*) die birnförmigen Gruben, Sinus pyriformes, genannt hat. Diese entstehen dadurch, dass an jeder Seite die Schleimhaut, welche die äussere Fläche der zwischen Giessbeckenknorpel und Kehldeckel ausgespannten Membr. quadrangularis überzieht, nach aussen vom untern Vestibulum (dem obern Kehlkopfraum) sich bis nahe der hohlen Seite des Schildknorpelwinkels einsenkt und rückwärts sich wendend die breitere hintere Hälfte der innern Fläche des obern Theils der Schildknorpelplatte und die innere Seite des obern Horns derselben bekleidet, und an dem von der Membrana obturatoria ausgefüllten Raume zwischen dem obern Schildknorpelrande und dem Zungenbeinhorne zur Plica pharyngo-epiglottica (von welcher wir bald genauer sprechen werden) sich hinauferstreckt. Die Seitenwand des Fangrohrs ist in diesem Zwischenraume wegen des Mangels an Muskelfasern (nur einige Längenfasern sind hier vorhanden) und wegen der hier sehr schwachen Gefässhaut sehr dünn. Sie wird jedoch zuweilen im vordersten Theile zunächst dem Kehldeckel vom äusseren Rande des (sonst nur einigen Raubthieren eigenthümlichen) Musculus hyo-epiglotticus bedeckt. Da, wo die Membrana obturatoria in das Ligam. hyo-thyreoideum medium übergeht, geht der innere Schleimhautüberzug am Sichelrande des Lig. hyo-epiglotticum (55. *i*) zum Kehldeckel über. Diese Falte, in welche die Plica pharyngo-epiglottica (54. *d*) nach unten ausläuft, bildet nebst dem abwärts von ihm unter einem fast rechten Winkel divergirenden Ligam. ary-epiglotticum (Fig. 56. *f*.) die obere und innere Grenze des Sinus pyriformis. Die grösste Tiefe dieses Sinus (Fig. 54. auf der Doppellinie zwischen *i* und *k*) neben der Spitze des Giesskannenknorpels (Capitulum Santorini) beträgt im erwachsenen Manne nach Tourtual 6‴, die grösste Breite am oberen Schildknorpelhorne 6½‴. Erstere Dimension fand ich vom Capitulum Wrisb. bis zum Grunde an einem Tenorsänger 9‴, die andere 7‴ betragend. Nach unten und hinten verschmälert sich der Sinus pyriformis, und geht neben der Insertion des Musc. crico-arytaenoideus posticus in eine flach gebogene enge Rinne über, unter welcher der Nervus laryngeus inferior liegt, und durch welche die im Sinus sich ansammelnden Flüssigkeiten in den untersten Theil des Schlundkopfs geführt werden können. Diesen Kanal scheint Tourtual als den Stiel der Birne angesehen zu haben, als er

---

*) a. a. O. S. 81.

auf die Idee kam, den ganzen in Rede stehenden Raum Sinus pyriformis zu nennen. Die Schleimhaut dieses Sinus ist ziemlich dünn, wird im Cadaver bald runzlich, und hängt allenthalben durch schlaffes Bindegewebe mit dem Perichondrium des Schildknorpels und dem Musc. thyreo-cricoarytaenoideus zusammen. Sie ist röther, als die tiefer liegende der Schlundkopf-Speiseröhre, weil sie fortwährend von der atmosphärischen und expirirten Luft getroffen wird. Von den wenigen Schleimfollikeln, welche sich in ihr finden, ist nach Tourtual eine einzeln stehende, ovale, in der Tiefe der Grube an ihrer innern Wand nahe dem äussern Rande des Giessbeckenknorpels häufig vorhandene von ansehnlicher Grösse.

Durch die verschiedenen Bewegungen des Giesskannenknorpels u. des Kehldeckels werden die Dimensionen des S. pyriformis vielfach abgeändert. Wenn die Stimmritze und die Kehlkopfsapertur sehr verengt werden, wird der Sinus weiter; bei hastigem, gewaltsamen Ausathmen dagegen, so wie beim Schrei, wenn also die Giesskannenknorpel von einander und rückwärts gezogen werden, wird derselbe enger, zugleich aber auch von vorn nach hinten etwas tiefer.

Die Funktionen des Sinus pyriformis sind folgende. Er bietet den im Fangrohr sich anlegenden, aufwärts nicht förderbaren Flüssigkeiten einen Sammelplatz, in welchen sie abfliessen können; zweitens bildet er seiner Form und Lage nach einen geeigneten Fang- oder Aufnahmeort für die nebenherstreichenden und sich um den Rand der Plica ary-epiglottica beugenden und daher für die gesammte Schallproduktion verlierbaren Schallwellen. Er fängt sie auf und wirft sie dermaassen zurück, dass sie in grösster Schnelligkeit richtig in den Hauptstrom wieder gelangen. Diese Nachhülfe ist nun aber gerade dann von Bedeutung, wenn die Stimmritze sehr eng ist und wenig Schallstrahlen durchlässt, und gerade dann ist der Sinus am weitesten und wirksamsten. Umgekehrt, beim Schrei, wo die ganze Glottis weit aufgesperrt ist, ist fast der ganze Sinus verstrichen oder zusammengedrückt, weil er nicht nöthig ist. Ausserdem bietet der Sinus pyriformis auch dem in den Spalt zwischen der Schildknorpelplatte, dem innern elastischen Kehlkopfsüberzuge, dem Stimmfortsatz und der untern Portion der äussern Fläche des Giesskannenknorpels und dem obern Rande der Seitenplatte des Ringknorpels eingedrängten Muskelapparate einen bequemen Ausweicheplatz nach oben, wenn sie bei ihrer Kontraktion anschwellen müssen, weshalb auch der Grund dieses Sinus nicht unter allen Verhältnissen auf gleicher Höhe steht.

Mit der bei jedem Phonationsvorgange dem Kehlkopf genäherten und der Lamina cricoideae sich luftdicht anschliessenden Hinterwand des Ansatzrohrs ergänzt sich der Sinus pyriformis zu einem nach oben und nur theilweise nach innen offen stehenden Sack, und beide Sinus oder Säcke fliessen in der Mitte über dem vereinigten, vom Musc. ary-arytaenoideus bedeckten Giesskannenknorpel mit einander zu einer querliegenden, beiderseits ausgeweiteten, in der Mitte von vorn her eingeengten, oben offenstehenden Bucht zusammen, welche den untern Theil der Pars laryngea tubi phonoleptici, den tiefsten des ganzen Fangrohrs bildet. In akustischer Hinsicht wollen wir diese Bucht deshalb, weil sie unterhalb des aus dem Kehlkopf direkt austretenden Luftstroms liegt, und also, wie schon erwähnt, nur gebeugte Luftwellen aufnimmt, noch besonders von der obern Abtheilung der Pars laryngea tubi phonoleptici unterscheiden, welcher wir freilich keine bestimmten anatomischen Grenzen anweisen können, weil sie seitlich mit der obern Abtheilung des Sinus pyriformis zusammenfliesst, und nur vorn

von der Hinterwand der Epiglottis und den Rändern der Kehlkopfsapertur, also von sehr beweglichen Organen, hinten von einem gleichfalls unumschreibbaren Theile der Rückwand des Fangrohrs begrenzt wird. Denn es ist der Theil des Fangrohrraumes, welcher von dem aus dem Kehlkopf geführten tönenden Luftstrom und zwar von den schief in der Richtung der Epiglottis ausstrahlenden und den an derselben gebrochenen Wellen desselben bis zu ihrer Zurückwerfung an der Hinterwand des Fangrohrs, erfüllt wird. Da wir also in anatomisch-stereometrischer Hinsicht nichts Besonderes über diese Abtheilung, deren obere Gränze wir im Allgemeinen bereits angedeutet haben, sagen können, so versparen wir das Weitere, was darüber zu bemerken ist, auf den physiologisch-akustischen Theil dieses Werks, wo dieser Raum zu seiner vollen Geltung kommen soll.

2) **Rachentheil des Fangrohrs.** Pars isthmica tubi phonoleptici. (Fig. 54. *a—f*).

Dies ist der Theil des Fangrohrs, aus welchem die im vorigen Raum aus dem Kehlkopf aufgenommenen und zum Theil schon gebrochenen und gebeugten Schallwellen ganz oder zum Theil nach vorn, in die Mundhöhle übergeführt werden, um mehr oder weniger artikulirt durch den Mund hervorzukommen. Seine Grösse und Räumlichkeit ist ebenso oder noch mehr variabel, als die des Kehlkopftheils; seine Grenzen liegen zwischen den Zungengaumenbogen und dem von denselben begrenzten hintern Theile der Zunge, und dem gegenüberliegenden Stück der Hinterwand des Fangrohrs.

Nach unserer Ansicht liegt die vordere Grenze und Vorderwand der Pars isthmica im vordern Isthmus oder im Arcus glossopalatinus (*b*), sowie in der nach unten anstossenden, nach hinten sehenden Oberfläche des hintern und untern Zungentheils. Die obere Wand wird vom hintern Blatt des Arcus glossopalat., dem Zäpfchen (*a*) und dem Gaumensegel gebildet. Aber nur, wenn das Gaumensegel aufwärts gezogen ist, kann von einer vollständigen, undurchbrochenen obern Wand des isthmischen Fangrohrtheils, welche einige Aehnlichkeit mit einem Kreuzgewölbe hat, die Rede sein. Im Indifferenzzustand hängt das Gaumensegel, wie eine Suffite, in den obern Raum der Pars isthmica herein, und nur nach vorn ist eine, der Hälfte einer gewölbten Kuppel vergleichbare Decke oder Dach vorhanden, der hintere Theil derselben ist zum grossen Theile offen oder durchbrochen.

Ueberhaupt wechselt also die obere Grenze der Pars isthmica nach der Stellung des weichen Gaumens. Ist derselbe aufwärts gezogen, so liegt sie höher, hängt das Gaumensegel herab, so rückt sie gleichfalls tiefer herab. Immer muss aber das Zäpfchen und die angrenzenden Theile der hintern Rachenenge als obererer Grenzpunkt oder als Kuppel der obern Wand des Rachentheils des Fangrohrs angesehen, und die Dimensionen der Seitenwände und der Hinterwand damit in Uebereinstimmung gebracht werden. Bei vollständigem Aufzug der Gaumendecke ist die Pars isthmica durch den hintern Rand desselben und das Zäpfchen fast vollständig, bei gleichzeitig zusammengezogenem Velum palati ganz und gar von der Pars nasalis getrennt, und hat dann seine grösste Länge und Räumlichkeit, deren sie fähig ist, erreicht. Die Hinterwand beginnt auf der zwischen beiden Zungenbeinköpfchen gezogen gedachten Linie und erstreckt sich in etwas abnehmender Breite bis zu der dem Zäpfchen gegenüberliegend gedachten Linie. Einen grossen Theil dieser Wand kann man an sich selbst mit Augen übersehen.

Die untere Grenzfläche der Pars isthmica, der Boden derselben (Fig. 55. *A*), ist im Lichten so ziemlich oval-rund, und bei horizontal stehender Epiglottis auch so leidlich eben, obwohl sie einige Erhöhungen und Vertiefungen bietet. Sie wird nämlich vom Zungenbein und der Hinterwand des Fangrohrs begrenzt. In diesem Raume liegen folgende Organe und sonstige Gegenstände, aus welchen sich der Boden der Pars isthmica zusammensetzt. 1) Epiglottis

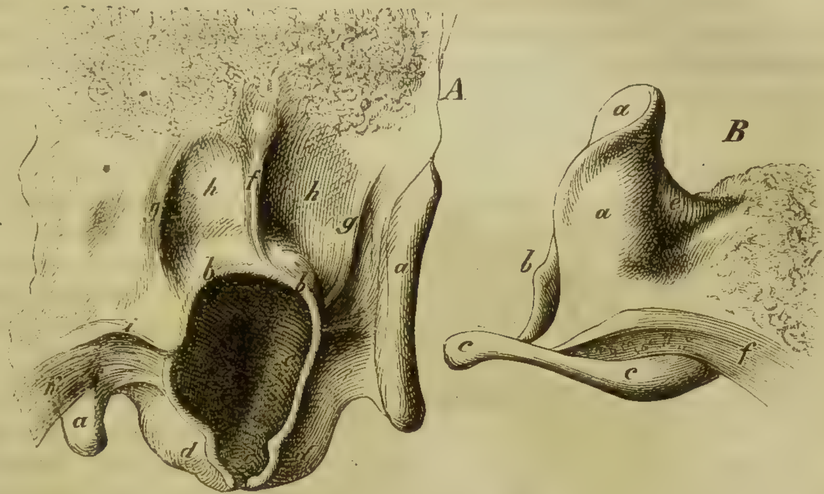


Fig. 55.

(*A b b*) nebst dem unter dem Schleimhautüberzuge belegenen Ligam. hyo-epiglotticum medium und die beiden Ligamenta hyo-epiglottica lateralia (*i i*). Von diesen Organen ist bereits an den entsprechenden Orten die Rede gewesen. 2) Lig. glosso-epiglotticum medium (*A f*, *B e*), ein senkrecht in der Mittellinie des hintersten (die Vorderwand des untern Raums der Pars isthmica bildenden) Zungentheils von dessen Schleimhaut aus bis zur Vorderwand des mittlern Theils der Epiglottis gehendes sehniges, halbmondförmiges, nicht elastisches Band, das auch Frenulum Epiglottidis genannt wird, und etwa $^3/_4$'' lang und in der Mitte 3''' breit ist: nach vorn zu hängt es mit dem Ligg. hyo-epiglotticum medium zusammen.*) 3) Ligg. glosso-epiglottica lateralia (*A g g*) welche ebenfalls als senkrechte Falten die darüber liegende Schleimhaut vorspringen lassen, und in einer wenig von der des Mittlern nach vorn divergirenden Richtung etwa $^1/_2$'' seitlich von diesem mittlern Bande entfernt liegen, und die beiden Seitenkanten des Kehldeckels gleichförmig gegen die Zungenwurzel angezogen erhalten.**) 4) Zwischen den Ligam. lateralia und dem Medium entstehen beiderseits auf diese Art zwei Gruben, Valleculae nach Tourtual, (Fig. 55. *A h h*), von ziemlicher Tiefe, deren Boden nach vorn von der Hinterfläche des Körpers des Zungenbeins, nach unten und hinten von dem obern Rande des Schildknorpels (bei hochaufgezogenem Kehlkopfe) festen Halt bekommt. Je nach der Entfernung des Zungenbeins vom Kehlkopf werden daher diese Gruben

*) Nach Cowper enthält dies Band Muskelfasern, die er als M. glosso-epiglotticus beschreibt und abbildet; s. Fig. 72.

**) Diese Bänder werden bei Huschke nur bei der Beschreibung des Kehldeckels als mittleres und seitliches oberflächlich erwähnt, desgleichen bei Bock u. Hyrtl; genauer beschrieben habe ich sie noch nirgends gefunden.

bald seichter, bald tiefer ausfallen müssen, so wie sich auch ihre Länge je nach dem Abstande des Zungenbeins und Zungenrückens von der Epiglottis sehr ändern muss. 5) Endlich geht auch noch von den Seitenrändern der Epiglottis, von ziemlich derselben Stelle aus, wo die Ligam. glosso-epiglottica lateralia sich anheften, seitwärts, etwa in einem rechten, doch variabeln Winkel von diesen ab, nach dem Capitulum des grossen Zungenbeinhorns zu, ein ähnliches Schleimhautband (*A i*), das wir zum Unterschied von den übrigen Plica hyo-epiglottica externa nennen wollen. Natürlich kommt diese Falte nur bei hohem Zungenbeinstande zum Vorschein, bei tieferem verstreicht es.



Fig. 56.

Den hintern sichelförförmigen Rand des uns bereits bekannten Ligam. hyo-epiglotticum bekleidet eine von oben ziemlich senkrecht herabkommende Schleimhautfalte (Fig. 56. *f*), welche mit diesem Bande auf den Seitentheil der Vorderfläche des Kehldeckels herabtritt und in deren Schleimhautüberzuge endet. Tourtual*) nennt sie Rachenkehldeckelfalte, Plica pharyngo - epiglottica. Diese Falte, welche man an sich selbst mittels eines Spiegels oder an einem Andern sehen kann, wenn man künstlich die Bewegungen zum Brechen erregt, wo sie sich neben dem hintern Gaumenbogen vorwulstet, aber zur Verengung des sogen. Isthmus posterior nicht mitwirkt, geht seitwärts nach aussen sich krümmend zum hintern Gaumenbogen, und dann parallel mit demselben aufwärts, und kommt so mit der der andern Seite oben an den Seitenrändern des Zäpfchens zusammen. Beide Falten bilden nach Tourtual die vordere Grenze zwischen dem Rachentheil des Fangrohrs und dem Vorraume desselben. Ihre Länge beträgt bei gehobenem Gaumen nach einer an mir vorgenommenen ungefähren Schätzung etwa 16‴. Unten an der Epiglottis stehen sie etwa 6—9‴ auseinander, in der Mitte divergiren sie von einander, so dass beide zusammen einen Ring bilden. Eine nothdürftige Abbildung derselben findet sich bei Bidder**), obwohl derselbe diese Falte

*) a. a. O. S. 74. 75.
**) Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens etc. Fig. 2.

gar nicht berücksichtigt hat. S. Fig. 65. *p*.) Man sieht daraus, dass diese Falten für gewöhnlich nebst dem dazwischen liegenden Kehldeckel und dem Zäpfchen einen Ring bilden, in dessen Apertur beide genannte Organe unten und oben einigermaassen hineinragen. Bei mehrern phonischen Vorgängen, noch mehr beim Schlingen und Brechen, wird aber diese Ringform förmlich zerstört oder zerbrochen, indem die Pfeiler des Schlundgaumenbogens sich an der Hinterwand des Fangrohrs fast bis zur Berührung nähern, und so von den Plicae pharyngo-epiglotticae sehr divergiren oder einen Winkel zu denselben bilden. Tourtual, welcher dieses Verhalten des Schlundgaumenbogens noch nicht kannte, legt auf diesen schräg liegenden ovalen Ring, der nach ihm 1″ 3‴ Länge und 13‴ Breite haben soll, grossen Werth. Nicht der Isthmus faucium (vom Zungengaumenbogen gebildet), sondern dieser dahinter liegende Ring ist seiner Ansicht nach der wahre Eingang von der Mundhöhle in die eigentliche Höhle des Pharynx, daher er ihn die hintere Rachenenge, Isthmus faucium posterior, im Gegensatze zu der, unten, wo der Abstand beider von einander am breitesten ist, 1″ 4‴ von ihm entfernten, vordern Oeffnung (als dem vordern Isthmus faucium) benennt. Den keilförmigen Zwischenraum zwischen „beiden Isthmis“ nennt er den mittlern Vorhof des Schlundes, Vestibulum pharyngis medium (Fig. 56. zwischen *a b f*). Dieser wird begrenzt nach unten von der Zungenwurzel, dem hintern Zungenband, den Valleculae und den vordern Theilen des Kehldeckels, oben von den beiden Vertiefungen zwischen den freien Rändern des Gaumenvorhangs und dem Zäpfchen, seitlich vorn von dem Seitentheile der vordern Gaumenbogen und den Rachenkehldeckelfalten, zwischen beiden von einer oben sich verschmälernden flachen Bucht der Schlundhaut (*e*), in welcher die Mandel (*d*) und unter ihr zunächst der Zungenwurzel ein dichter Haufen Schleimbälge liegt, und die hinten in die Vallecula sich herabsenkt. Gegen diese Beschreibung Tourtual's habe ich zuerst einzuwenden, dass sie zu sehr nach dem Kadaver oder gar nach dem ausgeschnittenen Präparate kopirt ist, wo der Zungenrücken freilich eine andere Lage annimmt, als er im Leben hat: die Zunge wölbt sich im Leben unter allen Verhältnissen tief von vorn nach hinten in dies Vestibulum hinein, so dass von der untern Abtheilung desselben wenig mehr als eine im senkrechten Längendurchschnitt keilförmige oder dreieckige, nach hinten und oben offene Spalte übrig bleibt, die von unten und oben zwischen die Epiglottis nebst deren Bändern und die Zungenwurzel hineinragt, und vorn am Zungenbein mit ihrer scharfen Kante endigt. Zweitens ist der Name unpassend gewählt, da sobald die dies „Vestibulum“ seitlich konstruirenden Apparate in der Eigenschaft als Schlingorgan fungiren, das ganze Vestibulum bereits zum Pharynx gehört, indem es, wie wir später (bei Beschreibung des weichen Gaumens) sehen werden, keinen hintern Isthmus faucium im Sinne Tourtual's giebt, sondern nur einen, der bisher der vordere genannt wurde. Wohl aber existirt dies „Vestibulum pharyngis medium“ für uns, d. h. für die phonischen Funktionen des Ansatzrohrs. In dieser Beziehung würde jedenfalls der Name Atrium cavitatis oris posticum ein weit passenderer sein. Den untern Theil des Vestibulum, der unter der Mandel liegt, hat seiner Ausbuchtung halber Tourtual Fovea ovalis (das untere *e*) genannt; er enthält seinen Untersuchungen zufolge keine Schleimkrypten. Ueber die einzelnen Organe, welche die Pars isthmica begrenzen, werden wir weiter unten (Absperrungs- und Schliessungs-Organe) specieller sprechen.

Die Kommunikation zwischen Kehlkopf und Rachentheil des Fangrohrs geschieht durch den Raum, welcher zwischen dem obern Rand und den freien Seitenrändern des Kehldeckels und der Hinter- und Seitenwand des Fangrohrs übrig bleibt. Das Lumen dieses Raums ist bei gesenkter Epiglottis (bei leiser Stimme, tiefen Tönen) sehr gering und halbmond- oder spaltförmig (Fig. 72 *o o*); bei sehr erhobener Epiglottis (lauten Tönen) wird die Hinterwand derselben bis in die Richtung des Ligam. glosso - epiglotticum oder bis zur vordern Gränze des Sinus pyriformis gerückt, und das Lumen des Fangrohrs nimmt dann die Gestalt eines stumpfeckigen Parallelogramms an, dessen Tiefe bis $\frac{1}{2}''$ anwachsen kann, während die Breite natürlich immer fast die nämliche bleibt.

Die Dimensionen dieses wetterwendischen Kanalstücks sind nicht leicht zu bestimmen. Vom Lumen der unteren Apertur oder des Uebergangs des Rachentheils in den Kehlkopftheil haben wir bereits gesprochen. Die Breite des Fangrohrs in dieser Gegend ist die grösste, die überhaupt an demselben vorkommt, nämlich 16—18‴, weil hier das Zungenbein dasselbe so weit aufspreizt. Weiter nach oben, bis etwas über die Mitte, nimmt die Breite unsers Rachentheils bis auf 12—10‴ ab, worauf er sich an seiner obern Gränze wieder um 1—2‴ erweitert. Die Tiefe, oder der Durchmesser von vorn nach hinten, beträgt unten auf dem Boden eben so viel, als die Entfernung der hintern Kante des Zungenbeinkörpers von der Hinterwand des Fangrohrs austrägt, sie wechselt also nach dem Stande des Zungenbeins. Nach oben wird dieser Durchmesser sich gleichfalls nach dem Stande des Zungenrückens, so wie dem der Plica glossopalatina richten: im Indifferenzzustande beträgt er vom untern Ende des Zungengaumenbogens bis zur Hinterwand etwas über 1″, bei vorgestreckter Zunge natürlich nach Verhältniss mehr. Die Breite der Pars isthmica beträgt nach Tourtual von einer Plica pharyngo-epiglottica zur andern 1″ 1‴; der Abstand des äussern Randes der einen Tonsille von dem der andern beträgt im Zustand der Ruhe etwa ebenso viel, als der beider Plicae pterygomaxillares (s. w. u. bei Beschreibung der Absperrungsorgane), d. h. 1″ 8—10‴. Endlich misst der Abstand der Insertionsstelle des Zungengaumenbogens an der Zunge von der Ausbreitung der Plica pharyngo-epiglottica nach Tourtual's und meinen Messungen etwa 1″ 4‴. Wenn der Kopf bei feststehender Wirbelsäule tief gesenkt wird, so ist die Pars isthmica von der Nasalis völlig abgeschlossen, sobald dabei das Gaumensegel gehoben ist.

Die Funktionen dieses Kanaltheils sind, wie wir später noch genauer betrachten werden, einestheils die auf die Hinterwand geworfenen und um den auf und vorwärts gewölbten Rand des Kehldeckels gebeugten Schallwellen zurück, d. h. zum Fangrohre heraus zu werfen, und überhaupt vorvorwärts, in die Mundhöhle, zu fördern; anderntheils noch als Fangrohr fortwirkend die hinter dem Gaumenvorhang verbliebenen Schallwellen aufwärts in die Pars nasalis zu leiten.

3) **Nasentheil des Fangrohrs.** Pars nasalis tubi phonoleptici. (Fig. 53. α—λ. Fig. 57.)

Dieser Theil des Fangrohrs ist der am meisten abgegrenzte, und in seinen Dimensionen mehr als die beiden ersten sich gleichbleibend. Er liegt zu oberst, und reicht bis an den Schädelgrund (Fig. 57. *m n o*), der seine Decke bildet. Dem Auge ist er vollständig entzogen, lässt sich aber mittels einer

durch die Nasenhöhle geführten Sonde einigermaassen untersuchen, ohne dass man dabei eine ähnliche Störung zu befürchten hat, wie beim Exploriren der übrigen Portionen durch die Bewegungen zum Erbrechen. Der Nasentheil hat etwa die Gestalt eines stumpfkantigen, oben mit einer gewölbten Fläche oder Kuppel versehenen Würfels, der einen kubischen Inhalt von ungefähr $^3/_4$ bis $^4/_5$″ hat. Umgränzt wird derselbe vorn von den



Fig. 57.

Choanae narium nebst Zubehör (Fig. 57. 65.), hinten von dem (theilweise von Muskeln und Bändern bedeckten) Bogen des 1. und dem Obertheile des Körpers des 2. Halswirbels (Fig. 53. *i. k*), nebst dem vom M. rectus capitis antic. maj. bedeckten Ligam. obturatorium atlantis, seitlich vom M. sternocleidomastoideus, stylopharyngeus et pterygoideus internus (Fig. 59. 11. 27.) so wie von einigen grossen Gefässstämmen und Nerven, oben von der untern Fläche der Pars basilaris des Hinterhaupts- und des Körpers des Keilbeins (57. *n*), sowie von der innersten Portion des Schläfenbeins (*o*) sammt den die Zwischenräume dieser Knochen ausfüllenden Knorpeln, unten (bei gehobenem weichen Gaumen) von der obern Fläche der Platte des weichen Gaumens. Sonach wird der Hohlraum der Pars nasalis von 6 ziemlich viereckigen Flächen umgeben. Die vordere ist nur in ihren Umrissen, die

einige Aehnlichkeit mit den Stöcken eines gewölbten byzantinischen Fensters ohne Scheiben haben, vorhanden; die untere ist durchaus weich und ziemlich eben, die hintere ist ziemlich hart, nur von Muskel-, Band- und Schleimhautmasse oberflächlich bedeckt, und auch ziemlich eben; die obere Fläche ist (von unten betrachtet) ausgehöhlt, und noch unnachgiebiger, als die vorige, weil die Knochenwand, von der sie gebildet wird, nur von Bein- und Schleimhaut überzogen ist. Die beiden Seitenwände endlich sind auch weich, wenn auch nicht in dem Grade, wie die untere Wand, denn sie werden, wie schon erwähnt, von lauter Muskeln, von denen wir später reden wollen, gebildet. Der Umfang dieser Wände ändert sich nach Umständen, mit Ausnahme der stets sich gleichbleibenden vordern und obern Wand. Selten stehen übrigens die Wände der Pars nasalis so regelmässig in den angegebenen Richtungen. Die vordere Wand steht immer mehr oder weniger schräg, so dass die obere Kante derselben weiter nach hinten liegt, als die untere; die obere Wand steht dafür schräg nach hinten abfallend, so dass die vordere Seite derselben höher, als die hintere liegt. An den meisten Schädeln kann man, wenn man die Stellung, wo die Zähne in einer horizontalen Ebene stehen, als Norm annimmt, beide Wände gar nicht als vordere und hintere bezeichnen, indem beide zusammen unter einem rechten Winkel und bei gleicher Neigung zusammenstossend ein Satteldach bilden, so dass die obere Ecke des Vomer (57. 9.) genau im Zenith der ganzen Höhle liegt. — Auch die Dimensionen dieser würfelförmigen Höhle sind nicht allenthalben einander gleich, und ändern sich auch unter gewissen Verhältnissen. Am weitesten ist der Querdurchmesser kurz vor der obern Zone der Hinterwand, wo er 12 bis 14‴ beträgt; überhaupt verschmälert sich letztere nach unten zu um einige Linien. Die Vorderwand ist oben etwa 11‴ breit, und nimmt nach unten etwas an Breite zu. Von vorn nach hinten beträgt der Durchmesser oben etwa 9—10‴, nach unten zu beginnt er je nach der höhern oder tiefern Stellung des Kopfes zu wechseln, d. h. bald grösser, bald kleiner zu werden, als der oben genommene Durchmesser. Ausserdem sind auf der Innenfläche der Pars nasalis (Fig. 53.) noch mehrere Ungleichheiten, Vertiefungen und Vorsprünge zu bemerken. Oben an der gewölbten Decke (bei β) liegt, etwa 3‴ hinter den Flügeln des Vomer (durch welchen Knochen das Deckengewölbe nach vorn zu pfeilerartig in die Vorderwand sich einpflanzt), die sogen. Bursa pharyngea Mayer's, eine erbsengrosse sackartige Ausbeugung der Schleimhaut. An den Seiten dieses Säckchens (in der Vertiefung zwischen dem hintern Rande der Ala interna processus pterygoidei [57. *r*.] und dem an den Vomer *q* sich anlegenden Proc. vaginalis *p*') liegen zwei nach oben und aussen sich vertiefende Buchten, Sinus faucium superiores (γ), begrenzt von der halbmondförmigen Falte am obern Rande der Choana, und nach aussen und unten vom obern Rande des Ostium tubae Eustachii: zwischen beiden liegt der mittlere etwas erhabene Theil des Deckengewölbes vor der Bursa pharyngea und diese selbst. Sie enthalten mehrere ansehnliche Schleimkrypten. Als äussere obere Grenze dieser Sinus ist oft ein Schleimhautfältchen*) da, das vom Ueberzuge der vordern Fläche des Tuba-Knorpels zum Gewölbe aufsteigt (δ). Nach aussen von diesem Fältchen bildet die innere Wand eine

*) Ist wohl das von Rosenmüller gefundene Schleimhautband, s. dessen Taf. III und IV, bei *s* und *r*.

gegen die untere Fläche des Felsenbeins schräg aufsteigende trichterförmige Einsenkung, Recessus infundibuliformis Tourtual's (χ), in deren Tiefe sich auch Schleimhöhlen finden, und durch welchen die obere Wand der Ohrtrompete frei erscheint.*) Diese Ohrtrompete (Tuba Eustachii) ragt mit ihrer trichterförmig ausgeweiteten Mündung (ι) so ziemlich an der Stelle wo die obere, vordere und seitliche Fläche der Pars nasalis zusammenstossen, nach innen, unten und vorn in die Höhle des Ansatzrohrs herein, und zwar auf folgende Weise: Der ganze in das Fangrohr (oder in den Pharynx) hervorragende Theil der Tuba, oder der Pavillon, die Schallstürze, der Schalltrichter derselben, bildet, wie die Stürze jeder andern Trompete, einen in sich zurücklaufenden, hier aus Netzknorpelmasse gebildeten Saum, welcher vorn, wo er mit der Nasenhöhle zusammenstösst, sehr schmal ist, und nur durch eine kurze, ziemlich senkrechte, scharfe Schleimhautfalte, Plica salpingo-palatina Tourtual's (ϑ), die am innern Flügel des Processus pterygoideus absteigt und nach unten im Gaumensegel sich verliert, gebildet wird, nach hinten dagegen immer breiter wird, so dass er an der nach hinten und oben zugekehrten Stelle endlich eine Breite von 5‴ gewonnen hat, und also in dieser Länge von der Wandung des Pharynx absteht. Vergl. Fig. 65 *k*. Man kann mit Tourtual an der Stürze der Tuba eine obere und hintere Fläche (Fig. 53. ε. ς.) unterscheiden, welche in einer abgerundeten Kante zusammenstossen, die sich nahe der Mündung oder des peripherischen Randes der Stürze dergestalt verflacht, dass beide Flächen in eine einzige, nur wenig erhabene, nach hinten und aufwärts gerichtete zusammenfliessen, welche nach innen und unten in einen winkligen Fortsatz (Processus angularis) sich ausdehnt, und dadurch, wie erwähnt, eine Breite von 5‴ gewinnt. Die Weite dieser Apertur der Tuba beträgt von oben nach unten 3‴, von vorn nach hinten 2‴. Die Richtung desselben ist eine solche, dass sowohl die eingeathmete, als auch die ausgeathmete, beziehendlich tönende Luft in sie ohne sonderliche Refraktion einströmen kann. Damit dieses Lufteinströmen sich je nach dem beabsichtigten Zwecke regulire, besitzt die Schlundkopfapertur der Tuba gewisse Muskeln (von welchen später die Rede sein wird), welche dieselbe verengen und erweitern können. — Die Tuba Eustachii in ihrer Totalität ist ein anfangs knorpeliger, weiterhin knöcherner, von ihrer Apertur an bis zu ihrer Mitte sich bis auf ½‴ verengernder, 14 bis 17‴ langer Kanal, welcher schräg nach innen, hinten und oben in die Trommelhöhle und deren Nebenhöhlen führt, welche beiläufig weit geräumiger und zahlreicher sind, als bisher in den anatomischen Handbüchern und Monographien des Gehörorgans gelehrt worden ist, und welche daher als Mitschwingungs- und Resonanzapparate eine nicht unerhebliche Rolle bei der Phonation spielen. Parallel mit der Plica salpingo-palatina läuft vom hintern Rande des Ostium tubae abwärts eine andere Falte, Plica sal-

---

*) Kölliker fand da, wo die Schleimhaut fest an die Schädelbasis geheftet ist, konstant eine bis zu 4‴ dicke und von einer Tubaöffnung bis zur andern sich erstreckende Drüsenmasse, die einen dem der Tonsillen analogen Bau zeigt. Die grössten Einsackungen derselben finden sich in der Mitte der Decke des Pharynx und in den Recessus hinter den Tubenöffnungen, und sie zeigen bei alten Leuten häufig erweiterte mit eiterartiger Masse gefüllte Höhlungen. Ausserdem fand er rings um die Mündungen der Tuben und auf denselben, so wie gegen die Choanen zu, an der hintern Fläche des Gaumensegels und an den Seitenwänden des Schlundkopfs bis in die Höhe der Epiglottis zahlreiche kleinere und grössere Bälge, die denselben Bau wie die einfachen Bälge der Zungenwurzel zu haben scheinen. Gewebelehre S. 392. f.

pingo-pharyngea (λ) nach Tourtual, welche 1″ lang ist, über dem Arcus palatopharyngeus (s. w. u.) sich verflacht, mit dem aussen schräg vor ihr absteigenden Hintertheil des Musc. levator veli palati sich kreuzt, und sich an der obern Platte des hintern Gaumenbogens nach aussen anlegt. Hinter der Plica salpingopharyngea bildet unsere Pars nasalis beiderseits eine zolllange, $^1/_2$″ breite und 3‴ tiefe Bucht, Sinus faucium lateralis (μ) von Tourtual genannt, welche sich in den oben erwähnten Recessus infundibuliformis fortsetzt, von Muskelfasern entblösst ist, aber zahlreiche Schleimkrypten enthält. An dieser Grube, welche beiläufig zuerst von Rosenmüller*) beschrieben und sogar nach ihm benannt worden ist, hat die Pars nasalis des Fangrohrs von einer Seite zur andern seine grösste Ausdehnung.

Die Choanae narium (Fig. 57. 65.), welche die Grenze zwischen der Pars nasalis des Fangrohrs und den Nasengängen oder den obern Ausströmungsröhren des Fangrohrs bilden, sind zwei ovale, schräg nach hinten und oben aufsteigende, durch die vertikal stehende Nasenscheidewand getrennte Oeffnungen, welche etwa 10—11‴ hoch und (in der Mitte) 5—6‴ breit sind, oben etwas schmäler als unten. Oben werden sie durch eine etwas vorspringende halbmondförmige Schleimhautfalte (Fig. 53. α) von dem Raume der Pars nasalis abgegrenzt, welche Falte zugleich die vordere Gränze der Decke derselben bilden hilft. Auswärts wird jede Choana von der oben erwähnten Plica salpingopalatina begränzt, welche mit dem hintern Rande der Nasenscheidewand so ziemlich in einer Ebene liegt, unten stehen beide Choanae auf der obern Fläche des weichen Gaumens auf.

Die Dimensionen der Pars nasalis erleiden mehrfache, bisher noch keineswegs nach Gebühr gewürdigte Veränderungen. Von der Raumveränderung, welche durch das Heben und Senken des weichen Gaumens, des Bodens der Pars nasalis hervorgebracht wird, wollen wir hier nicht weiter sprechen: diese ist bekannt genug und wird noch weiter unten sub C. erörtert werden. Aber ebenso wichtig, wie diese, sind gewiss die Modifikationen, welche der Raum der Pars nasalis durch die Bewegungen des Kopfes auf der Wirbelsäule, auf dem Atlas, erleidet. Wird der Kopf (Fig. 58) bei feststehender Wirbelsäule *A B* auf der Gelenkfläche *C* gesenkt, so muss nothwendig die obere Wand in Verbindung mit der vordern, wie ein gebogener Hebelarm, der Hinterwand, welche in diesem Falle den andern Hebelarm, bildet, genähert werden, so dass die von der obern und vordern Wand eingeschlossene Bucht etwas nach unten und hinten bewegt wird, und ein Durchschnitt der Pars nasalis etwa die Gestalt *A B d e* annimmt, wenn sie anfangs *A B D E* war. Umgekehrt wenn der Kopf bei feststehenbleibender Wirbelsäule *A B* über den Mittelzustand *A B D* gehoben wird, so wird die Ober- und Vorderwand der Pars nasalis die Lage *B d′ e′* annehmen. Im erstern Falle wird der Raum dieses Theils des Fangrohrs verengt, indem die Vorderwand mit der Hinterwand abwärts konvergirt; im zweiten Falle wird derselbe Raum

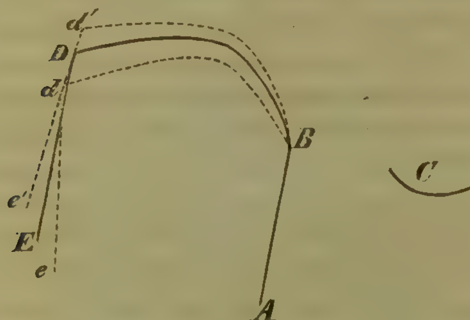


Fig. 58.

*) Chirurgisch-anatomische Abbildungen. Weimar 1805. I. Sect. 3. Tab.

erweitert, und eine Divergenz der genannten Wände hervorgebracht. Wie wichtig diese Raummodifikationen für die Akustik nicht nur der Pars nasalis sondern des ganzen Ansatzrohrs sind, werden wir später genauer untersuchen. Wir bemerken hier nur noch, dass bei der Begränzung *e' d' B A* die untere Fläche der Pars nasalis unter keinen Umständen völlig von der Pars isthmica abgeschlossen werden kann, sondern hinten vor *A* ein freier Raum bleiben muss, mittels dessen beide Abtheilungen mit einander kommuniciren, während bei der Begrenzung *e d B A* der Abschluss ein sehr vollkommener zu werden vermag. — Etwas weniger einflussreich, als diese Bewegung, ist das Drehen des Kopfes auf dem Atlas um das natürliche Hypomochlium des Zahns des Epistropheus, oder das Senken (Nicken) des Kopfs nach der einen oder der andern Seite. Es wird nicht nöthig sein, die Wirkungen dieser Kopfbewegungen auf die Räumlichkeit der Pars nasalis genau auseinander zu setzen: jeder nicht gar zu ungebildete Leser wird sich dieselben nach den bisherigen Vorlagen selbst konstruiren können, und dabei in Erfahrung bringen, dass zwar der kubische Rauminhalt der Pars nasalis bei keiner dieser 4 Bewegungen erheblich vermindert — niemals vermehrt — wird, wohl aber die Reperkussionsverhältnisse wesentlich verändert werden müssen, da statt der normalen rechten (oder wenigstens beiderseits kongruenten) Winkel jetzt immer eine Opposition eines spitzen und stumpfen Winkels erzeugt worden ist. Komplicirter werden diese Verhältnisse, wenn eine drehende Bewegung des Kopfes mit einem Senken verbunden wird.

Die Funktionen der Pars nasalis können wir hier nur vorläufig andeuten. Der Ausdruck Resonanzapparat passt für diese Höhle nicht oder nur in sehr beschränkter Weise, ebenso verhält es sich mit den Ausdrücken Fang- oder Verstärkungsapparat; es leistet die Pars nasalis alles, was man von solchen Apparaten erwarten kann, aber nur nicht auf einmal und auf so einfache Weise, wie es auf den ersten Anblick scheint. Man könnte mit gleichem Rechte die Pars nasalis des Fangrohrs eine Windlade nennen, weil sie den tönenden Luftstrom aufnimmt, um ihn in verschiedene Kanäle und Höhlen zu führen, in welchen er abermals verstärkt und modificirt wird. Wiederum stellt sich eine grosse Verschiedenheit der akustischen Endwirkung heraus, je nachdem die Pars nasalis durch ihren Boden nur unvollkommen oder vollkommen geschlossen ist, ob also die tönende Luftsäule wirklich in dieselbe einströmt oder nicht, ob die in derselben und in den anstossenden Behältern befindlicheLuft in strömende oder stehende undulatorische Bewegung versetzt wird, von den zahlreichen, selbst in der Breite der Gesundheit noch liegenden, das Lumen dieses Raums beschränkenden Abnormitäten einstweilen noch ganz zu schweigen. Auch über diese verschiedenartigen, für die Phonation hieraus hervorgehenden Wirkungen werden wir im physiologischen Theile genauer zu sprechen Gelegenheit finden.

Anatomische Bestandtheile und Bewegungen des Fangrohrs im Ganzen betrachtet.

Während wir bisher vorzugsweise das Fangrohr von innen betrachteten, um den Raum, den es begränzt, und die Wandungen desselben genauer kennen zu lernen, wollen wir jetzt vom Fangrohr die Halswirbel und die an und neben denselben befindlichen Muskeln, an welchen es haftet, abtrennen, und es von hinten und von den Seiten in Augenschein nehmen. Wir erblicken dann die aus einem lockern blätterigen Bindegewebe beste-

hende, den Schlundkopf an die vordere Längenbinde der Wirbel und deren Muskeln befestigende Tunica pharyngis externa, welche an ihren untern 2 Drittheilen bis zu den Musc. mylopharyngei (s. w. u.) vom tiefen Blatte der Fascia cervicalis, in ihrem obern Drittheile, das mit den untern ein ununterbrochenes Ganzes ausmacht, von dem hintern Theile der Fascia



Fig. 59.

buccopharyngea gebildet wird, welche letztere Abtheilung auch die langen vordern geraden Kopfmuskeln als Scheide einhüllt, und zwischen beiden eine mittlere häutige an den Hinterhauptzapfen sich befestigende Verbindung

bildet. An der hintern Fläche derselben liegen in der Nähe der grossen Zungenbeinhörner 3 bis 5 einzelne längliche Lymphdrüsen von etwa 3''' Durchmesser, eine zuweilen auch nahe der Schädelbasis zwischen dem M. rectus capitis anticus major und der rinnenförmig vertieften hinteren Schlundwand, die durch dieselben stark nach vorn gedrängt werden kann. Dass dadurch der Raum dieses Theiles des Ansatzrohrs verengt und die Aufnahme und Brechung der Schallstrahlen geschmälert und abnorm werden muss, liegt ausser Zweifel. Oben, von der Schädelbasis bis zum Eintritt der Mm stylopharyngei, ist die sich verschmälernde hintere Schlundwand von den Seitenwänden scharf abgesetzt, und bildet mit diesen spitzige Winkel, welche durch zwei weissliche, halb elastische Streifen (4. 4.), die obere, ein Zoll lange, auch elastische Strecke der Raphe (Mittelband) zwischen sich nehmen (2. 2.) bezeichnet werden. Jedes dieser Bänder entspringt von einem sehnigen Gewebe, das auf dem vordern Rande des Foramen caroticum externum (Fig. 57. *m'*) aufsitzt (und ausser diesen Bändern auch zur Umhüllung des Bulbus venae jugularis und der durch das Drosselloch (*m*) steigenden 3 Nerven beträgt); das Seitenband verläuft hinter der knorpligen Tuba Eustachii und dem Gaumenheber, und verliert sich an dem Zutritte des Musc. stylopharyngeus im submukösen Zellgewebe des Pharynx (59. 4'). Durch die obere Anheftung der beiden Seitenbänder erhält die Hinterwand des Fangrohrs zwei flügelartige Ausbreitungen unter dem Felsenbeine, die von den karotischen Kanälen (*m'*) bis zu den Griffelfortsätzen (*k*) reichen. Durch die Annäherung beider Seitenbänder abwärts entsteht die bis zu den hintern Gaumenbogen reichende Verschmälerung des Fangrohrs. Ausser diesen 3 Bändern enthalten die Wände des Fangrohrs noch eine zusammenhängende elastische Schicht zwischen der äussern Fläche der Schleimhaut und der Zellenhaut, als dünnere Fortsetzung der elastischen Haut der Speiseröhre; sie fehlt aber an der Hinterwand des Ringknorpels, ist auch hinten dem Kehlkopf gegenüber fast null, deutlich aber zwischen Kehldeckel und Schlundgewölbe. Ihre Fasern kreuzen sich, und liegen zwischen und hinter den Schleimdrüsen. Dieser elastische Bänderapparat des obern Theils des Fangrohrs dient offenbar zur freiern Bewegung des Kopfes auf dem Atlas und Epistropheus, um dabei Anspannung oder Zerreissung der Rohrwände zu verhüten. Das Mittelband vermittelt eine stärkere Streckung bei Aufwärtsziehung der hintern Wand des Fangrohrs, die Seitenbänder eine mit Dehnung der entgegengesetzten verbundene Herabneigung der Schläfe nach einer oder andern Seite.

Durch die Anschwellung, welche beiderseits der Musc. rectus capitis anticus major gegen seine obere Insertion am Hinterhauptzapfen bildet, wird der Ansatz der gerinnten Hinterwand des Nasentheils des Fangrohrs etwas nach vorn und abwärts gedrängt, wodurch der Abfluss des Sekrets der hier liegenden Schleimhöhlen befördert wird.

Indem wir jetzt zu den eigentlichen Bewegungsapparaten, zu den Muskeln des Fangrohrs übergehen, beginnen wir an der Stelle, die wir so eben verlassen haben, um zunächst die zur Erweiterung der Pars nasalis bestimmten Muskelringe kennen zu lernen.

1) Vom Felsenbein (Fig. 57. *o*) und dem gerissenen Loch (zwischen *o* u. *n*) entspringen einige Muskelfasern, welche, nachdem sie ein Stück an der Hinterwand der Pars nasalis oberhalb des M. pterygopharyngeus herabgestiegen sind, wieder nach hinten zu aufsteigen, um sich mit den obern

Fasern des Constrictor medius vereint an das Mittelband nahe unter der Schädelbasis zu inseriren. Tourtual nennt diesen Muskel M. cephalopharyngeus. S. Fig. 59. 3.

2) An der Seitenwand der Pars nasalis bemerken wir von der Schädelbasis bis zur Mündung der Tuba Eustachii die schwachen Fasern des Salpingo-pharyngeus (wovon später); ausserdem aber oben nahe dem Seitenbande noch besondere Muskelbündel als Fortsetzung der innern Fläche des Musc. levator palati mollis, welche von der hintern Fläche des äusern Theils des Tubaknorpels entsprungen und im Gaumenheber bis zur Rachenwand herabgekommen unter der Tubamündung sich aufwärts umbeugen, an der Seitenwand der Pars nasalis unter und hinter der Tuba wieder aufsteigen, und so den Raum zwischen Levator und dem Fangrohr, in dessen Tiefe die Tuba liegt, wie ein Sphinkter einfassen.*)

So hat also das Gewölbe des Fangrohrs vier Muskelringe, die durch die seitlichen Bänder desselben getrennt werden, und den obersten Theil des Fangrohrs hinten gegen den Schädelgrund aufwärts, und seitlich schräg auswärts ziehen, die Pars nasalis des Rohrs also auf diese Art erweitern und zugleich straff halten können: eine Disposition, die zu vielen phonischen Vorgängen erforderlich ist.

In den beiden durch die vorhin erwähnten Anschwellungen der Musc. recti capitis antici majores entstandenen Vertiefungen des Fangrohrs, also innerhalb des von den unter 1) erwähnten Muskelbogen gebildeten Ringes ist die Wandung des Fangrohrs nur häutig und von Muskelfasern entblösst.

Die Hauptmasse der Wandungen des Fangrohrs wird von den drei sogenannten Constrictores pharyngis gebildet. Dieser Name ist nicht sonderlich gut gewählt, da ausser der Konstriktion noch verschiedene andere Bewegungen durch diesen Muskelapparat vollzogen werden; ebenso unrichtig, wenigstens ungenau und physiologisch durchaus ungenügend ist die Theilung derselben in 3 Abtheilungen. Am genauesten ist bis jetzt immer noch die Beschreibung, die bereits im Jahre 1724 Santorini gegeben hat.

Er beginnt mit seiner Beschreibung der Muskeln (ohne jedoch schon den Namen Constrictores faucium zu adoptiren) am obern Theile des Pharynx, und sehe ich keinen Grund, weshalb wir nicht dasselbe thun sollen, da die wichtigsten Befestigungspunkte des ganzen Fangrohrs oben, nicht unten liegen. Zuerst erwähnt er den Azygos pharyngis, der jedoch nicht konstant ist: ein oben schmaler, nach unten breiter, aber dünner werdender Muskel, der vom Processus occipitii entspringend nach unten sich in die übrigen Muskelfasern verliert. Er scheint, wo er da ist, das oben erwähnte Mittelband zu verstärken, und dient jedenfalls, die Hinterwand des Fangrohrs zu heben.

Santorini theilt nun die Gesammtmuskulatur des Pharynx in 8 Unterabtheilungen, die wir jetzt (mit Ausnahme des 5. [Stylopharyngeus], von dem wir erst später sprechen werden) nach seinen und meinen Untersuchungen einzeln betrachten wollen.

1) Spheno- s. Pterygo-pharyngeus. (Fig. 59. 8.) Er entspringt vom Haken des Processus pterygoideus (57. *t*), sowie von der Kante und Innenfläche des innern Flügels desselben (57. *r*), an den Circumflexus palati (59. 6) anstossend, breit und dünn, zum Theil sehnig, mit etwas abwärts

---

*) Tourtual S. 13.

gehenden Fasern, schlägt sich bogenförmig um den Gaumenheber herum, geht nach hinten und oben, verdickt sich wieder, und heftet sich nach Santorini an die Basis des Hinterhauptbeins. Nach Theile, der diesen Muskel als obere Portion des Constrictor pharyngis superior beschreibt, verlieren sich die obersten Fasern zum Theil an dem obern Faserstreifen am Winkel des Schlundkopfs, oder steigen selbst neben diesem bis zum Felsenbeine hinauf, während die übrigen über den Winkel des Schlundkopfs auf dessen hintere Fläche gelangen und schwach gebogen nach innen und oben (?) verlaufen. Uebrigens scheint er mit dem vorhin erwähnten seitlichen Muskelbogen Tourtual's ziemlich zusammenzufallen. Da der mittlere Theil dieses Muskels tiefer, als die beiden unbeweglichen Insertionsstellen liegt, so kann er, wenn er sich verkürzt, den betreffenden Theil des Fangrohrs etwas nach oben ziehen, dabei aber auch etwas verengen. Seine Hauptfunktion besteht aber offenbar darin, dass er durch seine Kontraktion den Winkel, unter welchem der Musc. levator palati (der unter ihm von der Seite her in die Höhle des Pharynx tritt) an die Gaumendecke sich begiebt, in einen spitzeren verwandelt, so dass er die Gaumenplatte leichter und höher heben kann. S. die Beschreibung dieses Muskels.

2) Salpingo-pharyngeus, von Santorini entdeckt. (Fig. 59. 7) Er entspringt sehnig von dem Winkel zwischen oberer und hinterer Fläche des Trompetenknorpels, zum Theil auch von dessen hinterer Fläche selbst, und steigt, bald fleischig werdend, und mit dem Petro-salpingostaphylinus, dem er leicht anhängt, sich kreuzend, gerade an der Seitenfläche des Pharynx hinter dem Processus angularis herab, durch das Seitenband von dem Cephalopharyngeus Tourtual's getrennt. Auf der von De Courcelles*) gegebenen Abbildung steigt er ziemlich bis zum obern Ende des Musc. thyreopharyngeus herab. Nach Santorini ist die Wirkung dieses Muskels eine doppelte. Erstlich vermag er zur Hebung des Pharynx beizutragen; zweitens soll er gleichzeitig den Knorpelsaum der Tuba nach dem äussern häutigen Theile des Tubatrichters hinziehen und so diese Oeffnung verengen, was zur Entleerung des Schleimes u. s. w. der Tuba und wohl auch für manche phonische Vorgänge von Wichtigkeit ist.

3) Mylo-pharyngeus. (Fig. 59. 8. 9) Dieser gleichfalls von Santorini zuerst beschriebene Muskel, von den neuern Anatomen als mittlere Portion des Constrictor pharyngis superior betrachtet, entspringt dünn, scharf und sehnig hinter dem letzten Backenzahne des Unterkiefers (Fig. 66. *f*), dicht neben dem Musc. mylo-hyoideus, zugleich aber auch von der Mundschleimhaut zwischen Zungenwurzel und Backenmuskel, welche letztere Portion von einigen als Bucco-pharyngeus unterschieden wird, sowie nach oben von dem sehnigen Streifen zwischen dem Ober- und Unterkiefer, wo er mit dem Backenmuskel zusammentrifft.**) Er wird bald fleischiger, stösst mit den Fasern des benachbarten Pterygo-pharyngeus zusammen, und verläuft nach einer geringen Inklination, im Ganzen jedoch in querer Richtung auf die Seiten- und Hinterfläche des Fangrohrs, wo sich seine Fasern, endlich wieder (nach Santorini) sehnig werdend, unter dem Ansatz des Pterygo-pharyngeus inseriren. Dieser Muskel soll nach Santorini, dem alle neuern Anatomen gefolgt sind, den Pharynx nach vorn ziehen und dessen

*) Icones musculorum capitis. Tab. VI. Lugdun. 1743.
**) Theile a. a. O. S. 79.

„utramque faciem quodammodo adducere", so wie auch die untere Portion des Pharynx, an die er sich heftet, etwas heben, und die Tonsillen, die er umfasst, zusammendrücken. Gegen die letztere Funktion lässt sich Manches einwenden, weniger gegen das Heben des Pharynx. Dass er den Pharynx nach vorn zieht und seitlich anzieht, das ist ein Irrthum. Wir haben schon früher uns dahin geäussert, dass der Schlundkopf (oder das Fangrohr) nach den einfachsten physikalen Gesetzen von seiner hintern Befestigung (an der Wirbelsäule) unter keiner mit dem physiologischen Zustande verträglichen Bedingung abgerissen werden kann, dass er hier fest haftet, und dass hier nur ein Auf- und Niedergleiten möglich ist. Demnach muss dieser Hintertheil des Fangrohrs, was seitliche Muskelzüge anlangt, als der feste Punkt, als die Ursprungstelle, die vordern Enden seiner Muskulatur, wenn dieselben Bewegung gestatten, als die Insertionen der Muskelpartien betrachtet werden. Hier haben wir, was bei den bisherigen Portionen der Muskulatur des Fangrohrs noch nicht stattfand, dergleichen bewegliche Insertionspunkte; wir haben den beweglichen Unterkiefer, die Backenwand u. s. w. Diese werden bei Kontraktion unseres Muskels angezogen, also auf- und beziehendlich einwärts bewegt. Demnach ist der Musc. mylo-pharyngeus ein Kaumuskel, ebenso gut wie der Pterygoideus internus; er wirkt ferner bei einer Menge phonischer Vorgänge, bei welchen die Mund- und Rachenhöhle verengt und das Ansatzrohr angespannt werden muss, namentlich bei hohen Tönen, wo der Isthmus posterior verengert und die Tonsillen einander genähert werden; hier ist es dieser Muskel neben dem Palatopharyngeus vorzugsweise, welcher diese Verengung bewirkt, obwohl dabei seine beiden Insertionspunkte festgehalten werden. Wir wissen aber, dass es ein gebogener Muskel ist, und ein solcher vermag, auch wenn er auf seine Ansatzpunkte nicht bewegend einwirkt, immerhin viel dadurch auszurichten, dass er gerade wird.

4) Glosso-pharyngeus. (Fig. 59. 10). Er bildet die Fortsetzung des Vorigen nach unten, entspringt (um die gewöhnliche Ausdrucksweise beizubehalten) von der Seite der hintern dickern Portion der Zunge gleich hinter der Insertion des Styloglossus, mit dessen Fasern er (an der Zunge) ziemlich parallel läuft, und zwar gehen seine Fasern, wenn man die Zunge als Insertionsstelle betrachtet, vom Rande der Zunge unter dem Kerato- und Baseoglossus weg, wie es scheint nach dem Zungenknorpel hin, wo sie beiderseits unter einem ziemlich gestreckten Winkel ankommen. Er ist übrigens hier von den Fasern des Genioglossus (s. w. u.) nicht zu trennen. Nach Zaglas (Goodsir Ann. I. 1850), welcher auch in unserem Sinne den Muskel an der hintern Pharynxwand entspringen und in der Zunge sich inseriren lässt, durchbohrt derselbe den Musc. hyoglossus, mit einigen Fasern auch den Styloglossus, um zur untern Fläche der Zunge zu gelangen; hier dringt er zwischen die Platten des Genioglossus ein und bildet die untere Partie der queren Muskelplatten in der Nähe des Zungenbeins. Der Theil des Muskels, welcher den Styloglossus durchbohrt, wurde früher Styloglossus minor, aber mit Unrecht, genannt. Von der Zunge aus geht der Muskel unterhalb des Mylo-pharyngeus nach hinten und aufwärts, zwischen dem Styloglossus und Stylopharyngeus, schlägt sich über den Winkel des Fangrohrs, und setzt sich, mit den Fasern des Mylo- und Pterygo-pharyngeus verwebt, an der hintern Wand des Fangrohrs fest. Die Breite des Muskels beträgt an der Zunge etwa ½ Zoll, an der Pharynxwand wohl etwas weniger. Betrachtet man diesen Muskel beiderseits in seiner Lage, so

findet man, dass er als ein Sphinkter angesehen werden kann. Allerdings hat er ebenfalls, wie alle das Fangrohr konstituirenden Muskelpartien, seinen festen Sitz in der Hinterwand, und zieht bei seiner Kontraktion die Zunge nach oben und hinten, unterstützt also den Styloglossus in seinem Geschäft. Aber er wirkt auch, eben weil er ein gebogener, und zwar nach innen hohler Muskel ist, auf die seitlichen Partien des Ansatzrohrs, welche dabei abgeplattet, demnach die Breitedimension desselben vermindert werden muss. In der That ist die Breite des Ansatzrohrs gerade an der Stelle, welche von unserem Muskel beeinflusst wird, am geringsten, und zwar schon in ruhendem Zustande, was schon durch die Schwere, mit welcher die Zunge am Fangrohre zieht, erklärlich wird. Doch wirkt dabei der nächste Muskel mit. Der Glosso-pharyngeus ist bei allen phonischen Vorgängen thätig, wo die Zunge rück- und aufwärts gezogen werden muss, besonders bei tiefen Tönen auf den Vokalen mit hohem Kehlkopfstand. Dieser Muskel stellt bei Theile die untere Portion des Constrictor superior pharyngis dar.

5) Hyopharyngeus. (Fig. 59. 14 — 18.) Bis hierher geht also der sogenannte Constrictor pharyngis superior. Die Gesammtausdehnung der Theile, an den er sich inserirt, beträgt nach Theile (der aber diese Theile fälschlich als Ursprung bezeichnet) etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll. Es folgt nun die zweite oder mittlere Abtheilung dieses Constrictor pharyngis, welche durch den Musc. hyo-pharyngeus, und zwar durch diesen allein, repräsentirt wird. Dieser Muskel übertrifft daher natürlich die vorgenannten bei Weitem an Umfang und unterscheidet sich auch sonst von denselben wesentlich. Er ist fast vollkommen dreieckig; die eine Ecke dieses Dreiecks liegt am kleinen Horn des Zungenbeins (Fig. 71. *k*), die beiden anderen in der Mittellinie der Hinterwand des Fangrohrs (2. 2.). Die von hier in einer Länge von fast 3″ entspringenden, anfangs jedoch sehr dünn und vereinzelt liegenden Fasern konvergiren rasch und gehen auf das Zungenbein los, an dessen grossem Horne, und zwar am obern Rande desselben sie sich langhin mit ziemlich parallel liegenden Fasern ansetzen, die längsten (59. 14. 15.) am kleinen Horne gleich neben dem Stylo-hyoideus (71. *k l*.) Die Anfänge der obersten Fasern (14) liegen sehr hoch, 1″ unter der Schädelbasis, decken also einen Theil der vorhin genannten Muskeln; die der untersten Fasern (17.) liegen etwa in der Richtung der seitlichen Incisur des Schildknorpels, von wo sie also etwas aufwärts zu steigen haben, um an das Zungenbein zu gelangen, an dessen Seitenfläche sie sich ansetzen. Fig. 59. 18 ist ein nicht konstantes, zum Hyoglossus gehendes Bündel. Auffallend ist die ungleiche Länge der einzelnen Muskelfasern. Die an das Capitulum des Zungenbeins sich ansetzenden sind etwa $\frac{1}{2}$″ lang, die obersten an das kleine Horn sich inserirenden $2\frac{1}{2}$″. Aus diesen Verhältnissen lässt sich auf die Wirkung dieses Muskels ein ungefährer Schluss ziehen. Das Zungenbein wird nach hinten und etwas nach oben gezogen, wenn alle Muskelfasern sich nach Maassgabe ihrer Länge verkürzen. Dabei wird das ganze Fangrohr etwas verkürzt und dessen Lumen durch Kontraktion der Seitenwände und Verschmälerung der Hinterwand kleiner. Der Abstand beider Capitula cornuum ossis hyoidei muss dabei natürlich gleichfalls verringert werden. Aber nun und nimmermehr kann durch diesen Muskel die hintere Pharynxwand „stark nach vorn gegen den weichen Gaumen und die Zungenwurzel gezogen werden.“ *) Wirkt

*) Theile a. a. O. S. 78.

der Muskel gleichzeitig mit anderen Muskeln, die das Zungenbein nach oben und vorn ziehen, so wird das Fangrohr in seinen Wänden angespannt und zur Mitschwingung für hohe Töne geschickter. Der Hyopharyngeus ist der Hauptmuskel für die Pars isthmica s. oralis des Fangrohrs.

6) Thyreo-pharyngeus und

7) Cricopharyngeus (Fig. 59. 19—21) bilden nach den Autoren den Constrictor pharyngis inferior, nach meiner Ansicht den bereits unter den Bewegungsmuskeln des Kehlkopfs beschriebenen Musc. laryngo-pharyngeus, auf welche Beschreibung (S. 127) ich hiermit verweise. Nur über das Verhalten der hintern Portionen dieses Muskels und sein Verhältniss zu dem Hyo-pharyngeus haben wir noch Etwas nachzutragen. Vor Allem ist zu bemerken, dass der ganze Musc. cricopharyngeus (21), welcher dem 3. und 4. Bündel unseres Musc. laryngopharyngeus entspricht, uns hier gar nichts angeht, oder nur in so fern in Erwägung kommt, als er durch seine Kontraction des untersten Theil des Pharynx (Pars cricoidea) von den oberhalb gelegenen abgrenzt, indem bei allen phonischen Vorgängen das Fangrohr erst oberhalb der (geschlossenen) Pars cricoidea pharyngis beginnt. Der Ursprung der Muskelfasern beginnt an der Hinterwand des Fangrohrs etwa 2 Zoll unter der Schädelbasis und reicht von da bis auf den Boden des Fangrohrs. Es überragt demnach dieser Muskel den vorigen ebenso gut ein Stück, wie der vorige seine Vorgänger. Von der Mittellinie der Hinterwand gehen die Fasern, wie bei den frühern Muskelportionen, schief ab- und auswärts, anfangs ziemlich parallel, bis sie, kurz vor ihrer Ankunft am Hintersaume des Schildknorpels, sich in der früher beschriebenen Weise theilen und dann an ihre respektiven Insertionsstellen am Kehlkopf verlaufen. Was das Verhältniss der obern Portion des Laryngo-(thyreo-) pharyngeus zu den darüber liegenden untersten Fasern des Hyo-pharyngeus anlangt, so ist hier zu bemerken, dass bei tiefer Stellung des Kehlkopfs, d. h. wo zwischen Zungenbein und Kehlkopf ein erheblicher Zwischenraum stattfindet, der dem Ligam. hyothyreoideum laterale und Ligam. obturatorium (24) entsprechende gleiche Breite mit demselben habende Raum zwischen Zungenbein und Schildknorpel von Muskelfasern so ziemlich frei ist, das Fangrohr also hier eine (lanzettförmige) Lücke darbietet, die jedoch verstreicht, sobald der Kehlkopf bis unter das Zungenbein aufgezogen wird, und aus diesem Grunde wohl auch überhaupt hier keine Muskelfasern erhalten hat. Die obersten Fasern des ganzen Muskels (19) stossen unter einem sehr spitzen Winkel mit den der andern Seite zusammen, die mittlere (20) unter einem rechten, die untersten (21) unter einem gestreckten oder gar etwas hohlen Winkel: letztere gehen in die Querfasern der Speiseröhre (22) über. In der Mittellinie der Rückwand hat der Muskel etwa 3″ Länge; die Insertionslinie beträgt in gerader Richtung nicht mehr, als die Höhe des Kehlkopfs ausschliesslich des grossen Schildknorpelhornes. Die längsten Fasern sind auch hier die obersten, die kürzesten die untersten. Doch würden jene noch länger und diese noch kürzer ausfallen, wenn nicht die Insertionslinie am Kehlkopf eine schiefe wäre. Von allen 3 Constrictores pharyngis ist dieser Muskel der ansehnlichste und faserreichste. Die Wirkungen des Laryngopharyngeus sind: Fixirung, Hebung und Einengung des Kehlkopfs, s. S. 129; Formirung des Fangrohrs durch kontraktive Absperrung des untersten Theiles des Schlundkopfs, Anspannung der Wände der Pars laryngea des

Fangrohrs in verschiedenen je nach dem beabsichtigten phonischen Zwecke erforderlichen Nüancen.

Dies wären die Muskelpartien, welche das Fangrohr als solches konstruiren helfen und zugleich verschiedene Dimensionsänderungen an demselben hervorbringen. Nur an zwei Stellen der obersten Portion, sowie in einem Streifen zwischen Zungenbein und Schildknorpel ist es von Muskelfasern entblösst. Der beiweitem grösste Theil derselben stösst auf der Hinterwand in der Mittellinie, die von einigen irrthümlich als sehniger Streif beschrieben wird, mit den Fasern der andern Seite unter nach unten geöffneten Winkeln von verschiedener Gradzahl zusammen. An mehrern Stellen bemerkt man hier eine Durchkreuzung, so dass die Fasern noch auf der Schleimhaut der andern Seite verlaufen müssen. Wir kommen darauf noch einmal zurück. Eigenthümlich ist, dass die Hyopharyngei und Laryngopharyngei dachziegelförmig sich über ihren Vorgänger legen, und dass die obersten Fasern eines solchen Muskelpaares unter sehr spitzen, die untersten unter gestreckten Winkeln zusammenstossen. Diese Anordnung ist allerdings zunächst für den Process des Schlingens berechnet, doch ist sie auch für die phonischen Vorgänge nicht ohne Nutzen, wie wir später genauer einsehen werden.

Ausser diesen die Integrität des Fangrohrs herstellenden, nur innerhalb der Wandungen desselben liegenden, im Allgemeinen schief und quer an ihm laufenden Muskeln giebt es noch einige, welche vom Fangrohr mehr oder weniger entfernt entspringen, und im Allgemeinen longitudinal verlaufend an diesem Organe sich inseriren.

Musc. stylo-pharyngeus. (Fig. 59. 11.) Es ist ein mehr rundlicher, als bandartiger Muskel, 2—3‴ dick, entspringt halb sehnig, halb fleischig von der innern Seite des Processus styloideus, höher als die andern von demselben Fortsatze kommenden Muskeln; er steigt nun, allmälig etwas breiter und dicker werdend, nach abwärts und etwas ein- und vorwärts, so dass er die Wand des Fangrohrs da erreicht, wo der M. mylo- und hyopharyngeus zusammentreffen. Er liegt nun zwischen Musc. palatopharyngeus und Styloglossus; jener nach innen, dieser nach aussen; und fängt nun an, sich an der Wandung des Fangrohrs, zunächst vom hintern Rande der Fovea ovalis (hinter und unter der Tonsille) aus ebenso auszubreiten, als es die vorgenannten Muskeln gleich von Anfang thaten. Einige seiner obern Fasern steigen nach Theile's und meinen Untersuchungen, bedeckt vom Constrictor superior, eine Strecke weit am Winkel des Schlundkopfs in die Höhe, kehren also um oder bilden einen ähnlichen Muskelring, wie der Sphenopharyngeus. Die Hauptmasse des Muskels geht aber in der anfänglichen Richtung längs des Fangrohrwinkels, nach aussen bedeckt vom Musc. hyopharyngeus, hinter der Fovea ovalis fort und theilt sich in mehrere Bündel. Die hinteren dieser Bündel erstrecken sich unter dem Laryngopharyngeus liegend und von diesem nach meinen Untersuchungen durch ein deutliches Perimysium gesondert an der Hinterwand der Pars laryngea des Fangrohrs herab, wo sie sich ausbreiten und verlieren; weiter nach vorn liegende Fasern inseriren sich am hintern Rande des Schildknorpels (Fig. 42. *a*, 56. *h*) unter sehr spitzen Winkeln, sowie (nach Tourtual) am obern Horn desselben, am Ligam. hyothyreoideum laterale und Corp. triticeum. (Eine deutliche Insertion an letztern Theilen habe ich nicht wahrnehmen können. Ich fand sie hier nur unter der Schleimhaut liegen, welche das erwähnte Ligam. bedeckt.) Noch bemerke ich, dass die vordern Fasern dieses Bün-

dels senkrechter verlaufen und kürzer sind, als die hintern, welche tiefer unten am Rande des Schildknorpels sich ansetzen. Zwei andere, weiter vorwärts liegende Bündel gehen unter dem hintern Theile des grossen Zungenbeinhornes fort und breiten sich zwischen der Membrana obturatoria und der Schleimhaut aus. Noch ein anderes, breiteres heftet sich an die hintere Portion des obern Rands des Schildknorpels, und ein schmäleres am Seitenrand des Ligam. hyothyreoideum medium an. Selbst in die Plica pharyngo-epiglottica und in das Ligam. hyoepiglotticum sollen sich Fasern des Musc. stylopharyngeus begeben, und würdigt Tourtual dieselben des Namens Kehldeckelschlundkopfmuskel, Musc. pharyngo-epiglotticus. Dieses letztere Bündel soll sich unter einem stumpfen Winkel mit den Fasern des Musc. palato-pharyngeus kreuzen und dadurch zur Bildung des hintern Schlundringes beitragen. S. später.

Demnach laufen zum grössern Theile die Bündel der beiden Stylopharyngei an der Seitenwand des Fangrohrs bis zum Schildknorpel und noch weiter hinter demselben unter dem Musc. thyreo-pharyngeus herab, und bilden so in Verbindung mit dem bereits früher beschriebenen Musc. salpingo-pharyngeus und dem Pharyngo-palatinus eine Art Längenmuskel des Fangrohrs, der ziemlich eben so vollständig ist, als etwa die Längenfasern des Oesophagus, jedenfalls seinem Zwecke vollkommen genügt. Die Wirkung aller dieser Längenfasern besteht nämlich darin, die obere und mittlere Portion des Fangrohrs zu heben und so zu verkürzen: dabei wird der Querdurchmesser der Pars isthmica etwas, zunächst oberhalb des Zungenbeins, vergrössert, und so der kontraktiven Wirkung des Hyo-pharyngeus entgegengearbeitet. Ferner wird der Kehlkopf dadurch nach oben gezogen, schwerlich viel nach hinten, und wohl auch die Flügel des Schildknorpels etwas von einander gezogen, wenigstens ihre gegenseitige Annäherung verhindert. Endlich entfernen sich durch Anziehen beider Stylopharyngei die Kreuzungsstellen derselben mit den Mm. palatopharyngei von einander, wodurch dieselben zu Winkeln werden und die hintere Rachenenge bei Annäherung des Kehldeckels an den Gaumenvorhang eine Rautenform annimmt (Tourtual), während nach Theile die nach dem Kehldeckel hin verlaufenden Fasern denselben etwas niederzubeugen und so beim Schlucken thätig zu sein im Stande sind. Eine neue, hoffentlich richtigere Ansicht über diesen Vorgang werde ich später, wenn vom Musc. palatopharyngeus selbst die Rede sein wird, mittheilen, und dann auch das für unsern Zweck Erforderliche über die kombinirten Bewegungen des Ansatzrohrs folgen lassen.

B. Ausströmungs- und Resonanzapparate.

Aus dem Fangrohre kann nun die tönende Luftsäule durch drei Oeffnungen ausströmen, und zwar aus dem Nasentheile durch die beiden Choanae narium oder die hintern Nasenhöhlöffnungen, und aus dem Mundtheile durch die Rachenenge. Im erstern Falle gelangt die Luft in die Nasenhöhle und deren Nebenhöhlen, in letzterem in die Mundhöhle. Beide Höhlen müssen wir jetzt kennen lernen. Vorher betrachten wir jedoch einen Resonanzapparat, in welchen ein Theil der Schallwellen einströmt, bevor die übrige Masse derselben durch die Choanen entweicht, nämlich die Trommelhöhle.

Die Trommel- oder Paukenhöhle (beiläufig ein höchst unpassender, nur wegen der am äussern Ende darüber gespannten Membran gewählter Ausdruck) wird im engern Sinne der Hohlraum genannt, welcher zwischen

dem Trommelfelle und dem innern Gehörorgan liegt, und eine sehr unregelmässige, schwer deutlich zu beschreibende Gestalt hat. Auch kommt es hier darauf so genau nicht an. Im weitern Sinne gehören aber zu dieser Trommelhöhle alle die Zellen und übrigen mit Luft erfüllten Hohlräume, welche das gesammte knöcherne Gehörorgan, der ganze Schläfenknochen (nicht nur der Warzentheil desselben, wie Huschke angiebt) mit Ausnahme des Schuppentheils enthält, und welche mit der Paukenhöhle auch wohl nicht nur durch die eine an der hintern Wand derselben befindliche Oeffnung zusammenhängen. Das gesammte hierher gehörige Höhlen-Zellensystem beginnt mit der Eustachischen Röhre, und zieht sich unter der dünnen Knochendecke der vordern Wand des pyramidalen Felsenbeins nach aussen bis zur Trommelhöhle, nach unten und hinten bis in den Zitzenfortsatz (Fig. 57. *lm*) und die darüber liegenden Theile, nach oben und hinten bis fast zur Mitte der Hinterwand des Felsenbeins. Kurz, alles, was am Felsen- und Zitzentheil des Schläfenbeins nicht zu andern Zwecken verwendet wird, ist nach meinen Untersuchungen hohl, und kommunicirt direkt oder indirekt mit der Eustachischen Röhre und Trommelhöhle. Der gesammte kubische Inhalt dieser Räumlichkeiten ist freilich nicht bedeutend, aber doch mindestens 3—4mal so gross, als der der Paukenhöhle allein, und dürfte wohl auf $\frac{1}{2}$ Kubikzoll anzuschlagen sein. Der Zutritt zu dieser Höhle wird durch die Tuba Eustachii vermittelt, welche, wie wir wissen, am obern Theil der äussern Wand des Fangrohrnasentheils ihren trichterförmigen Eingang hat, der so gestellt ist, dass sowohl die aus- als auch die eingeathmete Luft in diese Röhre eintreten kann. Die Eustachische Röhre, im Ganzen 1 bis $1\frac{1}{2}''$ lang, ist, wie der äussere Gehörgang, in seiner äussern (hier nach der Schlundhöhle gekehrten) Partie knorplich, nach innen, d. h. nach der Trommelhöhle zu knöchern, anfangs 3—4''' weit, allmälig bis zur Mitte bis auf $\frac{3}{4} - \frac{1}{2}'''$ sich verengend, nach der Trommelhöhle aber wieder bis auf $1\frac{1}{2}'''$ sich erweiternd. Ihr Lumen ist nicht kreisförmig, sondern plattgedrückt, und zwar nach Huschke mehr irregulär dreieckig, als elliptisch, ausserdem ist die Eustachische Trompete doppelt gekrümmt und zeigt einen schraubenförmigen Gang, wie der äussere Gehörgang: eine Anordnung der Natur, die jedenfalls ihren guten akustischen Zweck hat. Sie geht von der Conjugata pharyngis et narium unter einem nach hinten offenen Winkel von etwa 55 bis 60° ab, und steigt dabei etwas, nach Huschke (was aber zu viel ist) um 11 bis 12''' in die Höhe und biegt sich nach demselben 7—8''' vorwärts. Mit dem äussern Gehörgang macht sie nach H. einen Winkel von 135°, der jedoch stark abgerundet ist. So wie endlich das äussere Ohr, d. h. die nach aussen gekehrte Erweiterung des äussern Gehörgangs mit einigen Muskeln versehen ist, welche die einzelnen Knorpel desselben zu phonoleptischen Zwecken bewegen und verstellen können, so besitzt auch das innere knorpelige Ohr, die Schallstürze der Eustachischen Röhre ihre zu gleichem Zwecke dienenden, von Tourtual zuerst genauer beschriebenen Muskeln.

1) Musc. salpingostaphylinus, ein zartes, schmales, aus parallelen Fasern bestehendes Muskelbündel, welches zwischen der Schleimhaut und der Bindegewebshaut der gerinnten untern Fläche an ihrer innern, der Mündung zugekehrten Hälfte liegt, wo es gleichsam eine partielle Fleischhaut, ein Stratum longitudinale bildet. Es entspringt von dem Winkel, in welchem die knorpelige Hinterwand und der häutige Boden zusammenstossen, geht über die Rachenmündung der Tuba und den Musc. levator veli zum weichen

Gaumen, auf dessen oberer Platte er sich einwärts ausbreitet. Er hebt das Velum und verengt die Mündung der Tuba, indem ihr Vertikaldurchmesser von unten nach oben verkürzt und die obere Schleimhautplatte des Velum nach aussen und oben in die Tuba hineingezogen wird. 2) Musc. angularis tubae kommt zumeist vom Winkel der untern hintern Fläche (der Tuba?) über dem Vorigen, theils von der hintern Fläche des Knorpels selbst in der Nähe dieses Winkels, ja auch von der Nähe des Felsenbeins selbst, wird längs des Winkels durch neue Fasern breiter, und befestigt sich am äussern Rand des dreiseitigen Zipfels des Knorpels bis zu dessen Spitze, ist 5 bis 7‴ lang und zieht den Winkelfortsatz nach unten, vorn und aussen, verengt somit die Tubamündung im Querdurchmesser und verflacht die wulstige Prominenz. Bei gleichzeitiger Kontraktion des Levator veli wird so das ostium tubae in eine schmale Spalte verwandelt. 3) Musc. salpingopharyngeus (s. Fig. 59. 7) schon früher beschrieben, vom Winkel der obern hintern Fläche und letzterer selbst kommend und hinter dem processus angularis herabsteigend. Vom Levator veli palat. wird später die Rede sein. — Die obere Fläche der Tuba ist muskellos und am äussern Theile mit der Basis cranii verwachsen, am innern von der Schleimhaut des Fangrohrs überzogen. Als Antagonisten jener die Tubamündung verengenden Muskeln ist ausser dem Gaumenspanner noch der Gaumenschnürer zu betrachten, wenn er bei fixirter und niedergehaltener Zungenwurzel wirkt und dabei das Planum palati gesenkt wird. Die Verengung der Tuba findet statt, wenn starke Töne gedämpft werden sollen, die Erweiterung dagegen um schwache Töne durch Ueberleitung in die Resonanzräume des Schläfenbeins zu verstärken. Die Verstärkung der Höremptindung bei Oeffnen des Mundes, wobei mittelbar auch das Ostium tubae erweitert wird, erklärt sich nach Tourtual richtiger durch Förderung der Mitschwingungen, als durch Oeffnung eines neuen Schallwegs.

Die Nasenhöhle mit ihren Kanälen und Nebenhöhlen. (Fig. 53. Fig. 60.)

Wir können uns hier nur auf die räumlichen Verhältnisse beschränken, da das Uebrige, mit wenig (gelegentlich zu berücksichtigenden) Ausnahmen unserem Zweck zu fern liegt. Die Gesammträumlichkeiten, mit den wir es hier zu thun haben, beginnen von den hinteren Nasenhöhlöffnungen (Choanae narium), deren wir bereits bei der Beschreibung des Nasentheils des Fangrohrs gedacht haben; diese führen in 2 sich bald nach oben erhöhende, sich etwas nach aussen, gar nicht nach unten erweiternde, dabei aber auch nach oben sich von den Seiten verschmälernde, etwa 3″ lange, am höchsten Theile etwa 20 bis 21‴ hohe, in der Mitte (beide zusammen) etwa 14‴ breite, mit ziemlich ebenen Wänden versehene Höhlen, welche durch eine senkrechte dünne, hinten knöcherne, vorn knorpelige Scheidewand (Fig. 60. *k*) von einander geschieden sind, und nach vorn sich wieder verengend in die äusseren, abwärts und ein wenig seitwärts sehenden Nasenlöcher ausmünden. So verhalten sich die beiden Nasenhöhlen als unmittelbare Fortsetzung der Pars nasalis des Fangrohrs, nur dass die Axenrichtung derselben zu der der letzteren unter einem Winkel von etwa 120° steht, und nach vorn zu noch eine Biegung nach abwärts erleidet. Die äusseren Nasenöffnungen sind nach ihren anatomischen und räumlichen Verhältnissen zu bekannt, als dass wir dabei länger zu verweilen brauchten. Wir bemerken nur, dass dieselben etwa um ⅓ kleiner als die Choanae narium, und vermöge ihrer knorpeligen

Wände (Fig. 74. *g h*) und einiger an denselben sich inserirender Muskeln einer gewissen Veränderung ihres Lumens fähig sind, was von letzteren nicht gesagt werden kann. Jedem Nasenloche dienen vier Muskeln, und zwar nach der Ansicht der Anatomen sämmtlich zur Erweiterung desselben: Depressor alae nasi (vor den Wurzeln des zweiten Schneidezahns und des Hundezahns vom Oberkiefer entspringend und am hintern Umfange des Nasenlochrandes sich befestigend); Compressor narium s. transversus nasi (vor der Wurzel

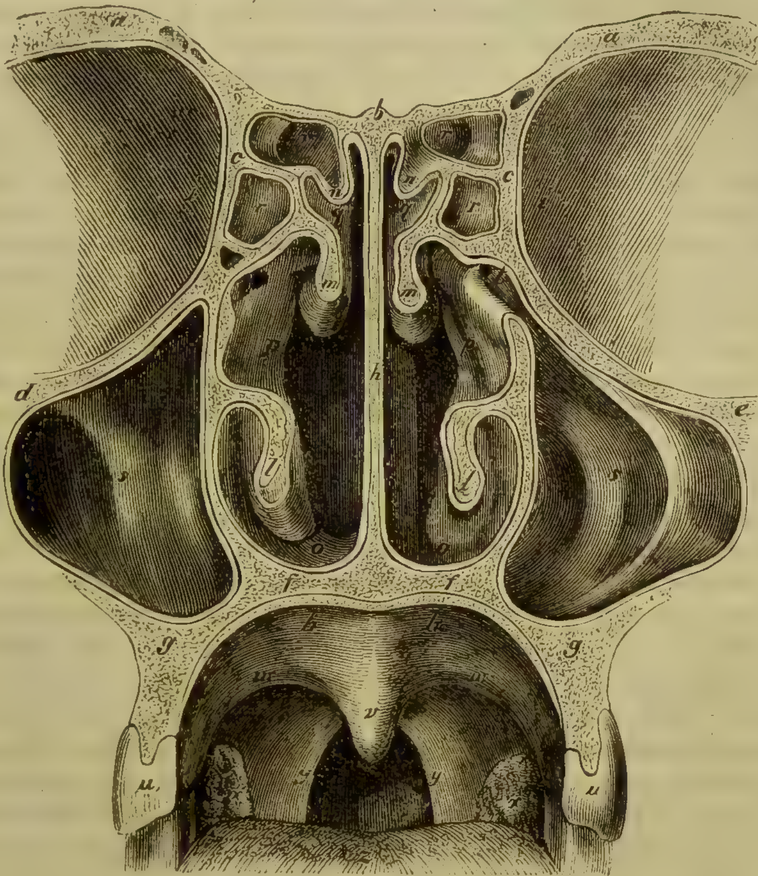


Fig. 60.

des Hundszahnhs und ersten Backenzahns, ausseralb des vorigen, entspringend und sich verdünnend und verbreiterndauf den Nasenrücken gehend und sich mit dem Musc. der andern Seite vereinigend, Fig. 73. *p*); Dilatator narium posterior (vom Stirnfortsatz des Oberkiefers und den Sesamknorpeln nach unten zur Haut der hintern Hälfte des Nasenlochrandes gehend; Fig. 76. *b*) Dilatator narium anterior s. levator alae nasi proprius (vom obern Rande und der äussern Fläche des Nasenflügelknorpels parallel mit dem Nasenrücken nach unten zur Haut des vordern Theils des Nasenlochrandes verlaufend). Dagegen besitzt das Nasenloch keine besondere Muskelapparate, welche es über das gewöhnliche Lumen hinaus verengten, so wie überhaupt sonst in der ganzen Nasenhöhle und ihren Nebenhöhlen nirgends Muskelapparate zu finden sind. Indessen beobachtete ich doch an einem 5jährigen Knaben (zur Zeit, wo er gerade an einer Meningitis cerebralis litt) an dem hintern Theile der Nasenapertur eine halbmondförmige, in das

Lumen einspringende Falte, welche bei inspiratorischer Dilatation der Nares verstrich, bei Exspiration wieder vortrat, und in welcher ich einen Sphinkterartigen Muskel zu vermuthen Grund zu haben glaube. — Der Raum dieser zweikammerigen Höhle wird sehr beschränkt (ausser der weiter unten zu beschreibenden, ihre Wände überziehenden Schleimhaut) durch die drei auf jeder äussern Wand aufgehangenen oder angewachsenen Nasenmuscheln. Die grösste und längste derselben ist die untere (Os turbinatum, Concha Veneris, (Fig. 53. *r*, Fig. 60. *l*). Sie gleicht einer Teichmuschel, deren Schloss nach oben, und deren konvexe Seite nach innen gegen die Nasenscheidewand gerichtet ist, während die konkave nach aussen sieht. Ihre Länge beträgt oben etwa $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}''$, ihre Breite 4—5‴. Ueber dieser untern Muschel hängt die mittlere Nasenmuschel (Fig. 53. *s*, 60. *m*) auch untere Siebbeinmuschel genannt, weil sie ein vorspringender Theil des Siebbeins ist, das die obere Partie der Seitenwand der Nasenhöhle bildet. Sie hat grosse Aehnlichkeit mit der untern Nasenmuschel, sowohl der Grösse als der Gestalt nach; sie hängt so ziemlich in der Mittellinie oder mittlern Zone der äussern Wand der Nasenhöhle. Von hinten aus betrachtet liegt etwa der Mittelpunkt ihres Breitendurchmessers in der Richtung des Scheitels der Choane. Die obere Nasen- (oder Siebbein-) Muschel (53. *t*, 60. *n*) ist kleiner und schmäler, und hängt in der obern Abtheilung der Nasenhöhle. Alle diese 3 Muscheln sind sehr porös und leicht, und werden von der Nasenschleimhaut bekleidet. Im senkrecht auf die grosse Axe geführten Durchschnitt bildet jede dieser Muscheln, wenigstens in Verbindung mit dem anstossenden Stück der Seitenwand betrachtet, eine Conchoide (Fig. 60.). Durch diese Muscheln wird die Nasenhöhle beiderseits in 3—4 Fächer oder Gänge getheilt, die nur nach innen zu mit einander kommuniciren. Der obere Nasengang (Fig. 53. *q*) begreift den über der mittlern Muschel liegenden Raum, er wird von der obern Muschel in der Mitte eingeengt und dadurch in zwei Unterabtheilungen geschieden. Er ist in der Mitte höher, als vorn und hinten, sonst ziemlich eng und schmal und ist der hauptsächlichste Sitz des Geruchs. Der mittlere Nasengang (*p*) geht schon gerader, er liegt zwischen der mittlern und untern Muschel, erscheint also im Durchschnitt schon ziemlich schneckenförmig. Die Räumlichkeit ist bei verschiedenen Individuen sehr verschieden, fast niemals auch auf beiden Seiten gleichmässig, weil fast immer das Septum narium sich mehr auf die eine Seite neigt und dadurch beide Nasenhöhlen ungleich werden. Zuweilen beträgt der Raum des mittlern Nasengangs der einen Seite soviel, als die ganze Nasenhöhle der andern Seite. Andere Male dagegen ist dieser Raum sehr eingeschränkt. Der untere Nasengang (*o*) ist gerade, liegt zwischen der untern Muschel und dem Boden der Nasenhöhle. Seine Höhe ist natürlich an verschiedenen Stellen und Individuen auch sehr verschieden, doch können wir sie durchschnittlich auf $\frac{1}{2}''$ annehmen. Im Durchschnitt bildet dieser Gang eine fast regelmässige Conchoide, und ist überhaupt derselbe für unsere Betrachtungen der bedeutungsvollste. S. Fig. 60. — Sowohl Septum, als Muscheln, demnach auch die einzelnen Loculi und Gänge der Nasenhöhle bieten nach Individualität und in Folge verschiedener abnormer Einflüsse (z. B. Schnupfen, Nasenpolypen u. s. w.) grosse Verschiedenheiten dar, auf welche nach Bedürfniss etwas genauer einzugehen wir im Laufe unserer Betrachtungen Gelegenheit nehmen werden.

Ausser diesen Vorsprüngen und Anhängseln, welche die Nasenhöhle ver-

engen, finden wir aber auch an der obern und äussern Wandung einer jeden Nasenhöhle einige Oeffnungen, welche in die bereits angekündigten Nebenhöhlen der Nasenhöhle führen. Im obern Nasengange ist nach hinten zu gehend eine etwa 1—1½‴ weite Oeffnung, welche in die Keilbeinhöhle (Fig. 53. *f*) führt. Diese, durch ein Septum transversum in 2 ungleich grosse Zellen getheilt, liegt in dem mehreckigen Körper des Keilbeins (*e*) ist in ihrem grössten Querdurchmesser (nach vorn zu) etwa 16‴ weit, 7‴ hoch, etwa und 1″ tief, hat die Gestalt eines von hinten nach vorn zu an Dimension wachsenden Würfels, und einen kubischen Inhalt von etwa ⅖ bis ½ Kubikzoll. Sie liegt gerade über den Choanae narium; die Löcher, welche aus der Nasenhöhle hinein führen, befinden sich an der Vorderwand der Keilbeinhöhle. Von der obern Abtheilung der Seitenwand der Nasenhöhle (bis zur Insertion der mittlern Muschel) nach aussen liegen die Siebbeinzellen (Fig. 60. *r*, *r*), d. i. ein in mehrere, unter einander kommunicirende kleinere Zellen getheilter Hohlraum, der dem sogen. Siebbein (zwischen Nasen- und Augenhöhle liegend, Fig. 53. *d*) angehört. In diese Zellen führen 3 Oeffnungen aus der Nasenhöhle, und zwar aus dem obern Nasengange eine Oeffnung in die hintere und mittlere Zellen, und aus dem mittlern Nasengange eine in die vordern Zellen. Der Gesammtraum, den diese Zellen beiderseits einnehmen, dürfte ungefähr ebenso viel betragen, als der der Keilbeinhöhlen. Etwas weiter nach vorn befindet sich im mittlern Nasengange die Oeffnnng, welche in die Stirnhöhle (Fig. 53. *b*) führt. Die beiden Stirnhöhlen liegen gerade über der Nasenwnrzel (*c*) hinter dem vorgewölbten Theil der Stirne, im Stirnbeine (*a*), dessen Knochenplatten zur Bildung dieser Höhlen auseinander gewichen sind. Diese beiden Höhlen liegen gewöhnlich nicht ganz symmetrisch, d. h. die knöcherne Scheidewand, welche sie trennt, liegt nicht genau in der Mitte, so dass die eine Höhle grösser ausfüllt, als die andere. An einem gutentwickelten männlichen Schädel fand ich die Höhe dieser Höhlen fast 1½″, die Breite beider zusammen gegen 2″, die Tiefe (in der untern Abtheilung) ½″ betragend. Der Umfang beider Höhlen ist unregelmässig viereckig, ein senkrechter Durchschnitt in der Mitte (in der Ebene des Septum) hat die Gestalt eines Dreiecks, dessen Basis nach unten gekehrt ist. Ein querer, horizontal geführter Durchschnitt durch beide Höhlen hat unten die Gestalt eines oblongen, etwas in seinen langen Seitenlinien gekrümmten Parallelogramms, weiter oben die einer verflachten Raute. Die Wände dieser Höhle sind unregelmässig, höckerig, zuweilen ist noch eine vorspringende Leiste oder gar noch ein Septum vorhanden, welches die eine Höhle wieder theilt oder beengt. Die zuführenden Oeffnungen liegen im trichterförmig nach unten und hinten vertieften hintern mittlern Theile des Bodens einer jeden Höhle. Der kubische Inhalt beider Höhlen ist, wo sie gehörig entwickelt sind, etwa auf ¾ Kubikzoll anzuschlagen, jedenfalls beträgt er mehr, als der der Keilbeinhöhlen. — Endlich haben wir noch von den noch bedeutendern Kieferhöhlen zu sprechen (Fig. 60. *s*). Der Eingang dazu liegt in der Mitte des mittlern Nasengangs (Fig. 60. *t*), hinter der Oeffnung der vordern Siebbeinzellen und der Stirnhöhle, etwas höher, als der untere Rand der mittlern Muschel und 1½″ vom Nasenloche entfernt. Es ist eine 1½ bis 2‴ weite und lange Spalte, die mit einem wulstigen Rande versehen und rück- und auswärts gekehrt ist. Die Höhle selbst liegt unter den Siebbeinzellen und nach aussen von der Nasenhöhle, innerhalb des Körpers des

Oberkieferknochens; sie misst in ihrer grössten Länge (von vorn nach hinten) etwa $1\frac{1}{2}$ ″, in der grössten Höhe etwa ebensoviel, und in ihrer grössten Tiefe etwa 10‴. Ihrer Gestalt nach hat sie die Form einer von der einen (nach innen sehenden) Seite platt gedrückten, nach vorn etwas in die Länge gezogenen Kugel; ihr kubischer Inhalt beträgt etwas über 1 Kubikzoll, und dürfte demnach dem der Nasenhöhle (einer Seite), deren Umfang zwar bedeutend grösser, deren Rauminhalt aber durch die Muscheln sehr beschränkt wird, nicht nachstehen.

Betrachten wir jetzt diese Nebenhöhlen in ihrem Zusammenhange und in ihren Beziehungen zu den Nasenhöhlen, so können wir uns folgender Bemerkungen nicht erwehren. Vor allem finden wir, dass der Raum, welchen sämmtliche Nebenhöhlen umschliessen, beim erwachsenen Manne ungleich grösser, etwa noch einmal so gross ist, als der Rauminhalt beider Nasenhöhlen selbt; dass aber die Zugänge zu diesen Nasenhöhlen unverhältnissmässig klein sind, so dass eine ausgiebige Luftströmung darin nicht stattfinden kann. Ferner bemerken wir, dass die Nasenhöhle mit Ausnahme ihrer Basis oder ihrer untern Wand und des Mitteltheils des Dachs oder der obern Wand durchaus und ohne Unterbrechung von diesen Nebenhöhlen umgeben wird, von welchen immer eine an die andere sich anschliesst. Dies ist eine für die Akustik der Nasenhöhle höchst bedeutungsvolle Anordnung. Denn wenn die Nasenhöhle von starren dicken Knochen- oder Fleischmassen umschlossen wäre, so würde der Klang der in sie geführten Schallwellen ein sehr kurzer, schlechter, gedämpfter werden: kurz und leer, weil der Raum, in welchen die tönende Luftsäule des Fangrohrs eintritt, zu eingeschränkt wäre, hart und gedämpft, weil er von den Wänden zu unmittelbar zurückgeworfen würde. Bei der gegebenen Anordnung dagegen wird die in die Sinuositäten der Nasenhöhle gezwängte tönende Luftsäule nicht plötzlich aufgehalten und in sich zurückgedrängt, sondern in die von dünnen Knochenwänden umgebenen, mehr oder weniger geräumigen Seitenhöhlen geführt, welche einestheils ganz vortrefflich konstruirte Resonanzapparate abgeben, den Ton weich, elastisch, voll machen, anderntheils verhüten, dass irgend etwas von den Schallwellen für die volle akustische Wirkung verloren gehe. Wir sehen jetzt auch ein, warum über der Siebplatte des Siebbeins, sowie unter dem Boden der Nasenhöhle nicht ebenfalls Nebenhöhlen angebracht sind. Hier sind deshalb keine dergleichen nöthig, weil der oberste, unter der Siebplatte liegende Raum der Nasenhöhle schon an sich so nebenhöhlenartig verengt und über die andern Partien der Nasenhöhle erhöht ist, dass hier nichts von den sonst zu befürchtenden Nachtheilen für den Klang eintreten kann; ferner, weil unter der Grundwandung der Nasenhöhle die Mundhöhle liegt, die an sich schon in Bezug auf die Nasenhöhle Resonanzorgan genug ist.

Sämmtliche Höhlungen des Nasenapparats werden von einer Schleimhaut ausgekleidet, die eine unmittelbare Fortsetzung der Schleimhaut des Fangrohrs ist. Durch das Mikroskop betrachtet zerfällt diese Nasenschleimhaut in einen flimmernden u. in einen nicht flimmernden Theil. Letzterer bildet die eigentliche Riechschleimhaut und kleidet die obere Abtheilung der Nasenhöhle aus, von der L. cribrosa (60. *b*) an bis $\frac{3}{4}$— 1″ abwärts. Sie ist viel dicker, als die tiefere, flimmernde Schleimhaut, aber sehr zart und weich, und wird durch die Bowmann'schen Drüsen feucht erhalten: Eigenschaften, die auch für Erzielung eines guten Klanges erforderlich sind. An der Schleimhaut der übrigen Höh-

lungen kann man die dickere drüsenreiche Schleimhaut der eigentlichen Nasenhöhle von der dünneren der Nebenhöhlen und des Innern der Muschelvertiefungen unterscheiden. Das Epithelium dieser Schleimhaut ist an beiderlei Orten ein geschichtetes Flimmerepithelium, ähnlich dem des Kehlkopfes, und ist mit blassen, fein granulirten Zellen versehen, welche von vorn nach hinten flimmern. Unter diesem Epithelium liegt die eigentliche, an Schleimdrüsen sehr reiche, ihre Dicke aber auch den Venennetzen (die beim Schnupfen noch mehr anschwellen) verdankende Schleimhaut. In den Nebenhöhlen fehlen diese Drüsen fast ganz, nur in den Kieferhöhlen kommen einige vor. Sonst ist hier die Schleimhaut sehr dünn, und von der Knochenhaut nicht als besondere Schicht abtrennbar.

Es ist uns nun noch übrig, einige Worte über die Ausströmungsöffnungen, die Nasenlöcher, und über das Organ, in welchem sie angebracht sind, die Nase selbst zu sagen. Die Stellung der Nasenlöcher, sowie die Gestalt und Grösse der äussern Nase ist zu mannichfachen Modifikationen unterworfen, als dass diese Unterschiede für die Eigenschaften der menschlichen Stimme völlig bedeutungslos sein könnten. Im Allgemeinen ist eine gehörig lange, d. h. den dritten Theil der Gesichtslänge austragende, mit dem Rücken in einer geraden, von der Richtung der Stirne wenig nach auswärts divergirenden Linie verlaufende, ihre Löcher gerade nach unten und ein wenig nach aussen öffnende Nase ein Zeichen eines akustisch wohlgebildeten und gehörig ausgeprägten Nasenhöhlenapparats. Die griechische Nase dürfte deshalb in dieser Hinsicht weniger Empfehlendes für sich haben, weil bei ihr die Stirnhöhlen zu wenig entwickelt sind; die römische Nase hat das gegen sich, dass bei ihr der Nasenkanal nach vorn zu stark umgekrümmt ist, und die Nasenlöcher sich sogar etwas nach innen, gegen die Lippen zu öffnen. Die verschiedenen Formen der eingedrückten Nase, wenn dabei auch die Stirn- und Kieferhöhle geräumig genug sein sollten, kann nicht ohne eine ziemliche Beschränkung der Haupthöhlen bestehen, und dürfte daher auch für einen Sänger oder Sprecher kein günstiges Vorurtheil bilden. Eine aufgeworfene Nase, deren Mündungen sehr nach vorn und aussen gerichtet sind, sieht nicht nur wiederwärtig aus, sondern ist auch der vollen resonatorischen Verarbeitung der Schallwellen in dem Nasenhöhlenapparate zuwider. Eine von den Seiten sehr zusammengedrückte, schmale Nase deutet auf enge Nasenhöhlen, wobei an sich schon die Resonanz etwas unvollkommen ausfällt, namentlich wenn die Schleimhaut in Folge katarrhalisches Reizes anschwillt.

Die Rachen-Mundhöhle. (Fig. 53. und 61.)

Sie bildet den untern Ausströmungsapparat des Ansatzrohrs, und steht dem Rachentheil des Fangrohrs ebenso vor, als die Nasenhöhlen dem Nasentheil desselben. Sie liegt, wie allbekannt, gerade unter den Nasenhöhlen, von welchen sie nur durch den sogenannten harten Gaumen und durch den Zahnfortsatz und überhaupt Zahnapparat des Oberkiefers geschieden ist. Der Rachentheil der Mundhöhle liegt jedoch etwas weiter hinten, als die Nasenhöhle reicht.

Der Ausdruck Mundhöhle ist nur bedingt richtig. Im Zustand der Ruhe, wenn die Kinnladen geschlossen, und die übrigen hierher gehörigen Organe weder phonisch noch zu andern Zwecken, Essen, Trinken u. s. w. beschäftigt sind, ist gar keine Höhle, ja überhaupt kein leerer Raum vorhanden,

sondern letzterer wird durch die Zunge, Backen und Lippen vollständig ausgefüllt. Erst sobald diese Organe Platz machen, wenn sie abwärts oder auswärts zurückweichen, entsteht die sogen. Mundhöhle, die also nur eine funktionelle Beziehung hat, und ohne diese gar nicht existirt. Da wir es jedoch mit einer Funktion zu thun haben, zu welcher die Mundorgane auseinander weichen müssen, können wir getrost von der Mundhöhle, als stets vorhandenem leerem Raume, sprechen. Dieser Raum misst vom Gaumenstachel (Fig. 57. *w*) bis zur vordern Ecke des Alveolarrands 2″ 2‴; von der Innenkante der vorletzten Alveole zur andern $1^{1}/_{2}$″; von da bis zur Wurzel der Uvula 3″.

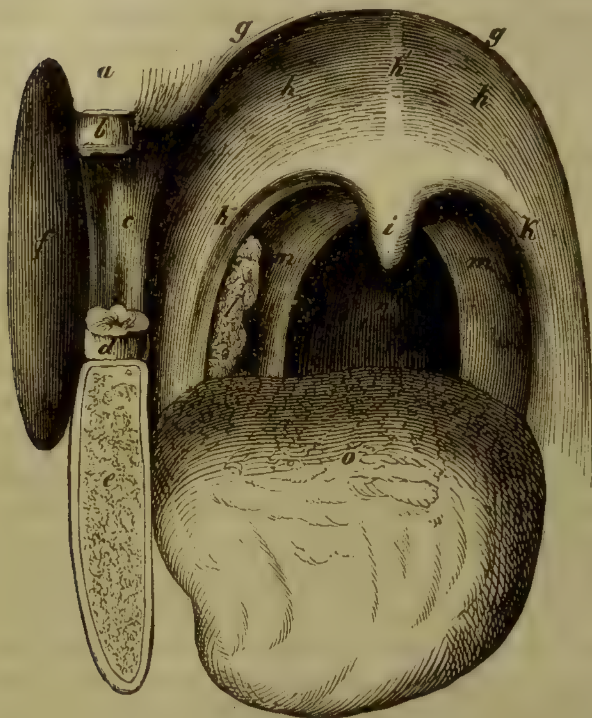


Fig. 61.

Um nun von der Rachen-Mundhöhle einen möglichst klaren Begriff zu erhalten, wollen wir uns zuvörderst die Organe, welche in sie hineinragen, welche ihren Raum verengen und beziehendlich ganz ausfüllen, wegdenken, damit wir ihre Wandungen und Grenzpunkte genau kennen lernen, und namentlich ihre Stellung zum Fangrohre und die Verbindung dieser beiden Räumlichkeiten gehörig uns zur Auschauung bringen können.

Wie die Mundhöhle von vorn aus betrachtet beschaffen ist, erfährt jeder, wenn er sich in seinen eigenen Mund sieht: die Hauptschwierigkeit liegt in den hintern und tiefern, dem Gesicht mehr oder weniger entzogenen Partien; wir wollen daher und weil es der Gang unserer Untersuchung so mit sich bringt, von hinten anfangen, und da anknüpfen, wo wir bei der Betrachtung des Fangrohrs, besonders des mittlern Theiles desselben, aufhörten.

Wir beginnen daher mit dem Zungenbein, als dem eigentlichsten Verbindungsorgan zwischen Fangrohr und Mundhöhle. Wir wissen, dass dieser Knochen einen nach hinten offenen Reif bildet, der das Fangrohr aus einander, also stets offen erhält, dass die fleischigen Wandungen des Fangrohrs sich zum Theil an die Hörner des Zungenbeins inseriren, und ein Theil der Muskelfasern des Fangrohrs von letztern aus nach hinten und oben verläuft. Kurz, zwischen den Hörnern des Zungenbeins und der Basis des Schädels sammt den Flügelfortsätzen des Keilbeins und den hintersten Theilen der Innenfläche des Unterkieferknochens besteht eine zusammenhängende Muskelwand, die sich beiderseits nach hinten umbiegend zum Rohr vereinigt und so das Fangrohr bilden hilft. Wir wissen ferner, dass vom Körper des Zungenbeins und den vordern Theilen der Hörner desselben

sich ein häutiges, ziemlich horizontal liegendes Band gegen den von vorn schräg nach hinten und oben in das Fangrohr hineinragenden Kehldeckel zieht (Ligam. hyo-epiglotticum), durch welche Anordnung gleichsam eine Scheidewand oder eine Fallthüre in den Raum des Fangrohrs geschoben worden ist, die jedoch nur partiell ist, indem sie das Lumen des Fangrohrs nicht vollständig deckt, auch wenn die Epiglottis sich bis zur horizontalen Lage niederbeugt. Die Oberfläche dieses Ligam. hyo-epiglotticum oder der zwischen dem Körper und den beiden Hörnern des Zungenbeins liegende häutige Boden, den wir bald genauer beschreiben werden, bildet nun den tiefsten, hintersten, isthmischen Theil der Mundhöhle, die untere Grenze der hintern Apertur derselben, oder den Grund des Vorhofs, des Mittelraums zwischen Fangrohr (Rachenhöhle) und Mundhöhle. Wenn wir jetzt, um uns besser zu orientiren, in die Mundhöhle von vorn sehen, so bemerken wir, wenn wir mit den Augen von der Wurzel des Zäpfchens seitlich bis zur Zunge gehen, einen Punkt oder eine Ecke, wo die Zunge seitlich angewachsen zu sein, und wo jene Falte, die vom Zäpfchen herkommt, sich gleichfalls einzupflanzen scheint. Halten wir nun diese beiden Punkte, links und rechts, im Auge, denken wir uns die Zunge weg, stellen den vorhin beschriebenen Boden am Zungenbein uns in Gedanken (sehen können wir ihn nicht, aber das Zungenbein können wir an unserem Halse wenigstens fühlen) zurecht, verbinden wir endlich die 4 gedachten Stellen, nämlich das Zäpfchen, die beiden Winkel zu beiden Seiten der Zunge, und jenen Raum hinter dem Körper des Zungenbeins durch eine Linie, so haben wir die hintere Oeffnung der Mundhöhle, und zugleich die vordere Peripherie oder Kontur des Vorhofs zu derselben, des Isthmus, oder (nach Tourtual) des Vestibulum pharyngis medium, von welchem wir schon einmal (S. 183) gesprochen haben. Die Mundhöhle selbst bildet, bei geschlossenen Kinnladen und wenn man sich die Zunge wegdenkt, einen ovalhügelförmigen Raum, der von oben, von den Seiten und von vorn von knöchernen Wandungen, unten von einen fleischigen Boden begrenzt ist, und hinten bald offen steht, bald von einem fleischigen schief nach hinten und unten fallenden Vorhange wenigstens zum Theil geschlossen wird. Das Dach der Mundhöhle, der Gaumen, das Gaumengewölbe, ist, wie letzterer Name besagt, gewölbt, und wird in seinen beiden vordern Drittheilen, von der untern Platte des Oberkieferknochens und vom Horizontaltheile des Gaumenbeins gebildet (harter Gaumen, Fig. 57. x y), während das hintere Drittheil, der weiche Gaumen, das Gaumensegel (Fig. 53. 9; 61. g—m), am hintern Rande des harten Gaumens befestigt, eine weiche, fleischige, bewegliche Platte bildet, und die Wölbung des Daches der Mundhöhle nach hinten zu vollendet. Die in einer etwas über einen Halbkreis betragenden oder auch parabolischen Bogenlinie stehende Seiten-Vorderwand der Mundhöhle wird aus dem Zahnfortsatz der obern und dem der untern Kinnlade, sowie den darin befindlichen Zähnen gebildet. Die genannten Knochenflächen sind von einer harten Schleimhaut, die an den Zahnfortsätzen oder Zahnzellen zum Zahnfleisch wird, bekleidet. Eine weichere Schleimhaut bedeckt alle übrigen Weichtheile der Mundhöhle. Der Boden der Mundhöhle wird von den Mm. mylohyoidei et Geniohyoidei gebildet. Erstere füllen den ganzen zwischen dem Bogen des Unterkiefers und dem Körper des Zungenbeins liegenden Raum mit ihren schräg nach hinten und innen verlaufenden, in der Mittellinie unter einem stumpfen Winkel zusammen-

stossenden Fasern aus. Der Mylohyoideus (Fig. 62. *l*) entspringt gleich unter der Umstülpung der Mundschleimhaut von der innern schiefen Erhabenheit des Unterkiefers, vom letzten Backenzahne bis zur Kinnerhabenheit. Seine Fasern, die gleich von Anfange fleischig sind, verlaufen erst nach unten, dann wenn sie den untern Rand des Unterkiefers erreicht haben, nach innen und etwas nach hinten. Die hintersten heften sich, z. Theil kurzsehnig, an den untern Rand des Zungenbeinkörpers bis zur Mittellinie hin, von wo an die Fasern beider Seiten bis zum Kinn hin unter sehr stumpfen oder gestreckten Winkeln zusammentreffen. Hin und wieder finden sich Sehnenfasern in die Masse des Muskels eingewebt. Auf seiner obern Fläche liegen die Zungendrüsen und der folgende Muskel. Die ganze von beiden Mylohyoidei gebildete Muskeltafel liegt in einer gekrümmten Fläche, so dass deren mittlerer Theil nach unten in Form eines Dreiecks vorspringt, dessen Basis am Zungenbeinkörper, die Spitze am Kinn liegt. Bei der Kontraktion beider Mylohyoidei verstreicht dieser Vorsprung, die von ihm gebildete Muskelfläche wird durchgehends eben, wobei natürlich das Zungenbein nebst Zunge um einige Linien gehoben wird.

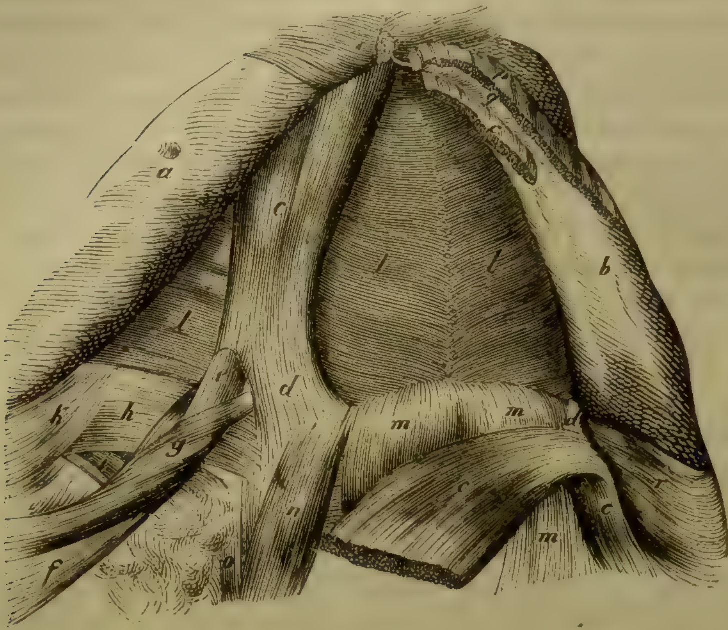


Fig. 62.

M. geniohyoideus, Kinn-Zungenbeinmuskel (Fig. 63. *g*, 53. 18, 69. *g*) ist bandartig, liegt in der Mitte zwischen beiden Knochen, über dem vorigen Muskel. Er entspringt fleischig-sehnig vom Höcker an der innern Seite des Kinnes, und verläuft mit seinen Flächen nach oben und unten sehend, gerade nach hinten, wo er, etwas breiter geworden, an der untern Hälfte der vordern Fläche des Zungenbeinkörpers und am untern Rand des Vordertheils des Zungenbeinhorns sich inserirt. Beide Muskeln stossen mit ihren innern Rändern zusammen. Ihre obere Fläche berührt den über ihnen liegenden Musc. genioglossus. Ihre Wirkung ist Vorwärtszug des Zungenbeins, wodurch sie zum Ausstrecken der Zunge beitragen, wie bei der Anatomie dieses Organs umständlicher erörtert werden wird. Die Mitte des hintern Randes des Bodens der Mundhöhle wird also vom Körper des Zungenbeins selbst eingenommen. Vom vordern Schneidezahn bis zum (ruhig hängenden) Zäpfchen beträgt der Längendurchmesser der Mundhöhle ziemlich 3″, von der Innenkante der vorletzten Zahnzelle bis zu der entsprechenden der andern Seite beträgt der Breitedurchmesser $1\frac{1}{2}$″, und die Höhe der Mundhöhle beträgt, vom untersten Theile des Genioglossus bis zur Kuppel der Wölbung etwa 1″ 9 — 10‴.

Die Höhe der Wölbung des Oberkiefers nebst vollen Zähnen beträgt etwa 10‴. Der kubische Inhalt der geschlossenen Mundhöhle beträgt soviel, als die dieselbe im Indifferenzzustande vollkommen ausfüllende Zunge, also etwa zwischen 3 und 4 Kubikzoll. Ein horizontaler Durchschnitt der Mundhöhle erscheint genau eiförmig, das spitzere Ende nach vorn gekehrt, ein senkrecht in der Mittellinie geführter nach oben ziemlich mässig gewölbt,



Fig. 63.

nach unten mehr trogförmig, ein transversaler (in der Mitte geführter) ziemlich ebenso, nur kürzer. — Durch das Oeffnen des Mundes, sowie durch die Bewegungen des Zungenbeins, werden nun die Dimensionen der Mundhöhle, so wie die Verhältnisse ihrer Wandungen, welche seitlich nur bei geschlossenem Munde ein Continuum bilden, bedeutend abgeändert. Ausführlicher über die einzelnen starren und unbeweglichen Theile und Organe der Mundhöhlenwände, z. B. über die Zähne, brauchen wir wohl vorderhand nicht zu sein. Wir gehen daher sofort über zu den

C. Absperrungs- und Schliessungsorganen,

welche die eigentlichen Modifikations- oder Artikulationsorgane der menschlichen Stimme darstellen, und daher einer ausführlicheren Betrachtung unterworfen werden müssen. Es gehören hierher, ausser dem bereits beschriebenen Kehldeckel, der wenigstens mit der sprachlichen Artikulation noch nichts zu thun hat, der Apparat des weichen Gaumens, die Zunge und die Aussenorgane des Mundes, die Backen und Lippen.

1) Der weiche Gaumen. Isthmus. (Fig. 60. 61.)

Dies ist eines der merkwürdigsten und kunstreichsten Organe des ganzen menschlichen Körpers. Man kann den weichen Gaumen mit einer Fall- oder Zugbrücke vergleichen, welche zwischen den Nasen- und Rachentheil des Ansatzrohrs hineinragt, und den Rachentheil durch Aufwärtszug vom Na-

sentheil, durch Niederzug von der Mundhöhle absperrt; auf der andern Seite möchte man den weichen Gaumen auch einen Vorhang nennen, der auf beiden Seiten zu- und aufgezogen werden kann, um den Eingang in das Fangrohr, zunächst in den Nasentheil desselben, bald zu schliessen, bald zu öffnen. Vieles an diesem Organ ist bis zur Stunde noch nicht aufgeklärt; die verschiedensten, zuweilen einander geradezu entgegengesetzten, Ansichten über die Anatomie, Bewegungen und Funktionen dieses Apparats haben sich bis jetzt geltend gemacht.

In der Mundhöhle sieht man zunächst als hintere seitliche Grenze derselben eine bei geöffnetem Munde ziemlich stark hervorspringende gespannte Falte, die hinter dem letzten Backenzahne des Oberkiefers zum Unterkiefer schief nach unten, vorn und aussen herabsteigt, und welche vom sehnigen Rande des Musc. pterygoideus internus, zum Theil auch vom Musc. mylopharyngeus (s. oben) gebildet wird. Diese Flügelmuskel-Falte, Plica s. Ligamentum pterygomaxillare, s. intermaxillare, s. maxillae laterale internum (Bock), zieht sich an der innen Seite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers strangartig herab und vorwärts bis auf den Grund der Mundhöhle, da wo die Schleimhaut des hintern Theils des Alveolarfortsatzes sich auf die Zungenwurzel umschlägt. Bei zahnlosen Individuen lässt sich diese Falte am besten untersuchen. (S. Fig. 61. *c*).

Von dieser Falte aus unten seitwärts mit dem Finger gehend fühlt man einen starken von der Zungenwurzel bewirkten Widerstand. Nur mit Mühe kann man den Finger zwischen diese Falte und die Zunge drücken, man kommt hier nicht tief und fühlt gleichsam einen harten Wall, der von einem Bande zum andern querüber durch die Zungenwurzel zu gehen scheint. Weiter vorwärts am Alveolarrande gehend plumpt der Finger bald tiefer auf den hier viel weichern und nachgiebigern Grund der Mundhöhle. Nach hinten zu über jene renitente Stelle, die wir als Insertion der Zungenwurzel ansehen können und besonders durch Anspannung des Musc. keratoglossus und styloglossus gebildet zu werden scheint, mit dem Finger zu gehen, verhindern die sich bei jedem Versuch einstellenden Brechbewegungen, bei welchem stets der Kehlkopf heftig gehoben und nebst Zunge und Zungenbein vorwärts geschoben wird.

An die Flügelmuskelfalte, mit welcher die Gaumenwölbung beginnt, für deren seitliche Pfeiler jene Muskeln zu halten sind, schliesst sich nun sofort der sogenannte vordere oder der Zungen-Gaumenbogen, Arcus glossopalatinus an. Fig. 60 *w*, Fig. 61. *k*. Man sieht im geöffneten Munde, wie neben der vorhin genannten Falte einige Linien nach innen eine andere dünnere, markirtere Falte liegt, die jedoch mit jener Falte nur in ihrem mittlern Dritttheil parallel liegt, indem sie sich unten in die Seitenwand des hintern Theils der Zunge inserirt, bis auf den Grund der Mundhöhle reichend, oben nach der Mitte sich umkrümmt, um in der Wurzel des Zäpfchens sich zu endigen. Diese Falte oder dieser Streif (Band) ragt im ruhigen Zustande mit seinem innern Rande nach innen und etwas nach hinten, und legt sich an den gewölbten Zungenrücken (die hintere Deklivität desselben) an. Der mittlere Theil, wenigstens der äussere, angeheftete Rand desselben kann so gut als unbeweglich angesehen werden: er liegt gerade zwischen beiden Kinnladen. Sobald sich aber die Zunge vorwärts bewegt, zieht sie die genannte Falte mit sich vorwärts, so dass ihre untere Partie mit deren Kante bald gerade nach innen sieht, und je tiefer

desto mehr schief nach vorn und aussen gedreht wird, wobei das Ligam. pterygo-maxillare durch den Zug, den die Zunge ausübt, verstreicht, und die hintere Fläche dieses Theils der Mundhöhle (vordere innere des Musc. pterygoid. internus) glatt erscheint. — Auch die obere Abtheilung unserer Plica ist beweglich, und kann durch die Kontraktion des Musc. levator palati mollis ein ziemliches Stück in die Höhe gezogen werden, wobei, zumal bei weit geöffnetem Munde, die ganze Länge der Falte beträchtlich an Länge zunimmt.

Die Plica glossopalatina bildet nun die hintere oder untere Grenze des Planum palati mollis, der Gaumen-Platte od. Decke, oder der weichen fleischigen Fortsetzung des harten Gaumens, welche wir sowohl anatomisch als auch physiologisch von dem daran hängenden Velum palati oder dem Gaumenvorhang genau unterscheiden müssen. Die Gaumendecke hängt mit ihrem obern vordern Rande fest mit dem hintern Rande des harten Gaumens zusammen, seitlich ist sie dem Ligam. pterygo-maxillare und der Seitenwand des Fangrohrs inserirt, und hängt nun von da in schiefer Richtung und mit einer nach hinten und oben stehenden Wölbung herab. Wir betrachten, wie schon bemerkt, als untere hintere Grenze derselben die Zungengaumenfalte, in deren Mitte die Wurzel des Zäpfchens liegt, welches Organ ein weiches, kegelförmiges, sehr kontraktiles und drüsenreiches Anhängsel der Gaumendecke darstellt. Die Länge derselben beträgt vom Rande des harten Gaumens bis zur Wurzel des Zäpfchens 11‴; letzteres allein hat im erschlafften Zustande eine Länge von 6‴,*) und oben eine Dicke von 3—4‴. Die Dicke der Gaumendecke beträgt vorn etwa 4‴, hinten etwas weniger. Man kann die Gaumendecke als eine Duplikatur der Mund-Nasenhöhlenschleimhaut betrachten, zwischen deren beide Platten sich ein ziemlich zusammengesetzter Muskelapparat einsenkt. Zunächst betrachten wir die von oben her zur Gaumendecke gehenden, dieselbe hebenden, seitwärts spannenden und beziehendlich verkürzenden Muskeln.

Der Heber der Gaumendecke, Levator palati mollis, Petrosalpingostaphylinus (Fig. 64. *l*, 65. *m*, 66. *i*) entspringt in einer der Richtung der Tuba Eustachii entsprechenden 3—4‴ langen Linie vom knorpligen Theile dieser Tuba und vom Felsenbeine, gleich hinter dem Proc. spinosus des Keilbeins (Fig. 57. *p*), steigt sich bald verschmälernd nach unten und etwas nach innen und vorn, durchbohrt die Pharynxwand zwischen den Fasern des Kephalo- et Pterygo-pharyngeus, tritt sodann an die Gaumendecke, an welcher angelangt er wieder breit wird und sich in der ganzen Höhe des weichen Gaumens bis zur Basis uvulae verbreitet; in der Mitte gehen seine Fasern in die des gegenüberliegenden, ihm entgegenkommenden Levators über. Die obersten Fasern verweben sich in die des Circumflexus, die untersten verlieren sich zur Seite des Zäpfchens am freien Rande des Gaumensegels, wo er gabelförmig von den Bündeln des Pharyngo-palatinus umfasst wird (Fig. 65. *g*—*i*). Beide Levatores bilden demnach zusammen einen Halbringmuskel und wirken demgemäss. Sie heben die Gaumendecke hebelförmig, so dass der hintere untere Rand horizontal zu stehen kommt. Der Hebungswinkel beträgt etwa 30°, d. h. es wird der hintere Rand ziemlich $^1/_2$″ hoch gehoben. Unterstüzt wird er dabei durch die gleichzeitige Kontraktion des Musc. pterygopharyngeus (S. 192), durch welche seine

*) Huschke S. 28 giebt die Länge mit $^1/_4$″, offenbar zu gering an.

Zugsrichtung eine geradere wird. So wird die Pars nasalis des Fangrohrs von der Isthmica ziemlich abgesperrt. Dabei wird auch die Gaumendecke in querer Richtung etwas angespannt, und ihre Wölbung vermindert. Noch mehr hat letztere Wirkung:

Der Gaumenspanner, Tensor palati, Circumflexus palati, Spheno-salpingostaphylinus (Fig. 64. *m*, 65. *k*, 66. *a*). Er liegt nach aussen am innern Flügelmuskel, nach innen am Gaumenheber, entspringt in einer 1″ und darüber langen Linie vom Proc. spinos. des Keilbeins, vom Felsenbein, vom Trompetenknorpel und aus der kahnförmigen Grube der Wurzel des innern Flügelfortsatzblatts (Fig. 57. *p*—*t*) gefiedert, breit und dünn, seine Fasern heften sich an beide Flächen einer ebenso breiten Sehne, bis zum Haken des Flügelfortsatzes, um welchen sich die sich einrollende Sehne schlägt, um



Fig. 64.

nun in horizontaler Richtung sich längs des hintern Randes des harten Gaumens in einer Breite von 3‴ auszubreiten und sich am hintern Nasenstachel und am ganzen hintern Rande des harten Gaumens zu befestigen. Die tiefer entsprungenen Fasern setzen sich vorzugsweise an diesen Rand, die höher (vom Proc. spinosus) entsprungen gehen auch am weitesten, bis zum hintern Nasenstachel. Die Wirkung dieses sonderbaren, bis jetzt noch sehr räthselhaften Muskels scheint mir darin zu bestehen, dass er die nach der Mundhöhle gekehrte Platte der Wurzel des weichen Gaumens fester, härter macht, so dass die Zunge, wenn sie (beim Schlingen und besonders bei Pronuncirung des *k*) gegen diese Stelle gedrückt wird, einen kräftigern Widerstand findet.

Der vordere Gaumenheber, Levator palati anterior, Pterygopalatinus, von Tourtual entdeckt, liegt am untern Theil des äussern Rands der hintern Nasenöffnung, zwischen der Schleimhaut und dem Processus pterygoideus, vor der Rachenmündung der Ohrtrompete, hinter dem untern Nasengang; er ist platt und wird nach unten dicker, sein oberer Rand entspringt nahe unter dem Hamulus palatinus der untern Nasenmuschel und erstreckt sich schräg rückwärts gegen den Winkel, den der obere und vordere Rand des Tubaknorpels bildet. Er steigt, breiter werdend, gegen das Gaumensegel herab, und tritt unmittelbar hinter dem harten Gaumen in den vordern, äussern Theil desselben ein. Der hintere Theil des Muskels wird von der Plica salpingopalatina, und ausserdem die innere Seite des Muskels von einer Fortsetzung der Fascia buccopharyngea bekleidet. Der Muskel liegt in seinem Verlaufe vor dem Circumflexus und verbindet sich auch mit dem Pterygopharyngeus. Im weichen Gaumen verschmelzen die Fasern desselben theils mit der Aponeurose des Circumflexus, theils gehen sie an die Flechse dieses Muskels da, wo sie eben den Einschnitt am Hamulus verlassen hat, und sich auszubreiten beginnt. Die Funktionen dieses Muskels besteht darin, die vordersten Seitentheile des weichen Gaumens zunächst dem harten Gaumen gerade aufzuheben und ein wenig quer anzuspannen. Die nach vorn tretenden Fasern der Aponeurosis Circumflexi ziehen den vordern Theil des weichen Gaumens nach hinten, durch den von aussen und vorn hinzutretenden vordern Gaumenheber dagegen wird die Richtung abgeändert, und so der vorderste Gaumentheil ganz in querer Richtung gespannt. Der Zweck dieser Bewegung ist wohl ein ähnlicher, wie der der Kontraktion des Circumflexus, nur mehr lokal und seitlich begrenzt. Die hintere längere Abtheilung des Muskels vermag den Eingang der Tuba zu verengen. — Ich habe mich von der Existenz dieses Muskels noch nicht in bestimmter Weise überzeugen können.

De Courcelles hat auf der 7. Tafel seiner Icones musculorum capitis unter dem Namen Constrictor isthmi faucium einen Muskel abgebildet der sich auf der untern Fläche des Gaumens noch vor der Aponeurose des Circumflexus inserirt, und Taf. 8 sieht man, wie derselbe an der Seite der Zunge, gleich vor dem Styloglossus entspringt (?) S. Fig. 65. *i*. Demnach würde man wohl jene Insertion am harten Gaumen für den Ursprung, und den sog. Ursprung an der Zunge für die mobile Endigung dieses Muskels, den ich in dieser Weise bis jetzt noch von keinem andern Anatomen beschrieben gefunden, anzusehen haben. Denn der sonst wohlbekannte und von uns bald zu beschreibende Musc. glossopalatinus, der auch den Namen Constrictor isthmi faucium führt, und auch den angegebenen Ursprung an der Zunge hat, kann auf der 7. Taf. von de Courcelles nicht gemeint worden sein, da sich derselbe viel weiter hinten am weichen Gaumen inserirt. Ich vermuthe demnach, dass de Courcelles bereits den Tourtual'schen Muskel gekannt und dessen untere Portion auf seiner 7. Tafel abgebildet hat während die Muskelportion Taf. 8. II. wirklich dem Musc. glossopalatinus angehört.

Muskel des Zäpfchens, Azygos uvulae (Fig. 64. *n*, 65. *n*) liegt in der Mitte zwischen dem hintern Nasenstachel und dem Zäpfchen, unter der Schleimhaut der hintern Fläche, entspringt mit zerstreuten Muskelfasern am hintern Nasenstachel und der anstossenden Partie der sehnigen Ausbreitung der Gaumenwurzel, welche Fasern sich zu einem runden, bis zur Basis

der Uvula herabsteigenden Muskelbündel vereinigen. Vor ihm liegt der grosse Gaumenheber, der Zungengaumenmuskel und der grössere Theil des Schlundkopf-Gaumenmuskels, hinter ihm der kleinere Theil desselben. Zu-

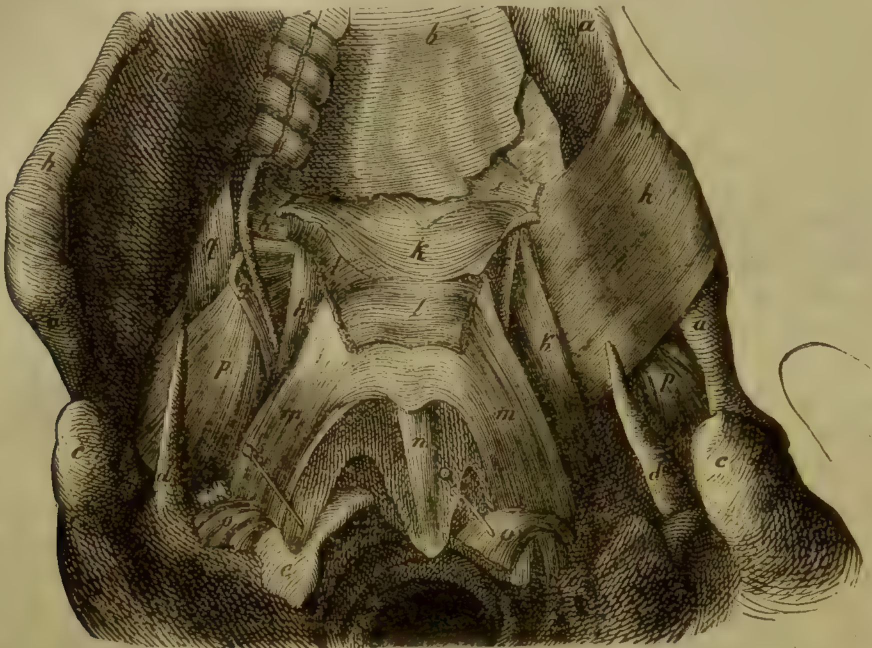


Fig. 65.

weilen besteht er aus 2 Hälften, ist also dann paarig. Er zieht das Zäpfchen in sich zusammen, und soll es nach Bidder auch nach hinten umkrümmen können. Das Gaumensegel in der Mittellinie nach der Richtung seiner Fläche zu verkürzen ist er nicht im Stande, obgleich Theile ihm diese Wirkung beimisst.

Dies sind die Muskeln, welche die Gaumendecke heben, und dadurch nicht nur den Nasentheil des Pharynx vom Mundtheil von vorn nach hinten bis auf einen horizontal liegenden Querspalt abschliessen, sondern auch den Isthmus, d. h. die hintere Oeffnung der Mundhöhle erweitern helfen.

Nach unten gezogen braucht die Gaumendecke für gewöhnlich gar nicht zu werden, da sie, wenigstens bei aufrechter Stellung des Körpers, schon von selbst herabfällt. Indessen ist es für manche Zwecke erforderlich, ein engeres Anschliessen derselben an die Zungenwurzel zu bewirken. Dies geschieht durch den in der Plica glossopalatina liegenden

M. glossopalatinus, Constrictor isthmi faucium (anterior), Zungengaumenmuskel, (Fig. 66. *k*). Er gehört, wie der Levator palati major s. posterior, zu den unvollkommenen Ringmuskeln. Er bildet einen dünnen Muskelstreif, der an der Zungenwurzel vor dem Styloglossus mit zerstreuten Fasern entspringt, welche von der Schleimhaut oder Fascia am Rande der Zunge und auf ihrer oberen Fläche, sowie von dem hier antretenden Styloglossus ausgehen.*) Er steigt nun vor der Mandel (*n*) in die Höhe, und gelangt nach Theile mit fächerförmig ausgebreiteten Fasern auf die Vorderfläche

*) Den der Zunge angehörigen Theil dieses Muskels sah Zaglas (Goodsir Annal. I. 1850) einigemale in die tiefere Muskelsubstanz der Zunge eindringen, und den untern Theil derjenigen queren Faserbündel bilden, welche zwischen den vordern Gaumenbögen sich erstrecken.

des Gaumensegels (soll heissen Gaumendecke), in dessen ganzer Höhe bis zum Zäpfchen herab sich die Fasern beider Seiten bogenförmig vereinigen. Er liegt am Gaumensegel vor dem Gaumenheber. Seine Wirkung ist bei Nichtfixirung der Zunge und des Gaumens die eines Schliessmuskels, indem er die Zungenbasis und den weichen Gaumen einander bis zur Berührung zu nähern sucht, wobei der Umfang des von beiden Seitenfalten gebildeten Halbkreisbogens abnimmt. Ist die Zunge befestigt oder nach vorn gezogen, so kann der Muskel die Gaumendecke etwas nach vorn und abwärts ziehen; ist dagegen die Gaumendecke fest nach oben gezogen, so kann er zur Hebung der Zunge etwas beitragen.

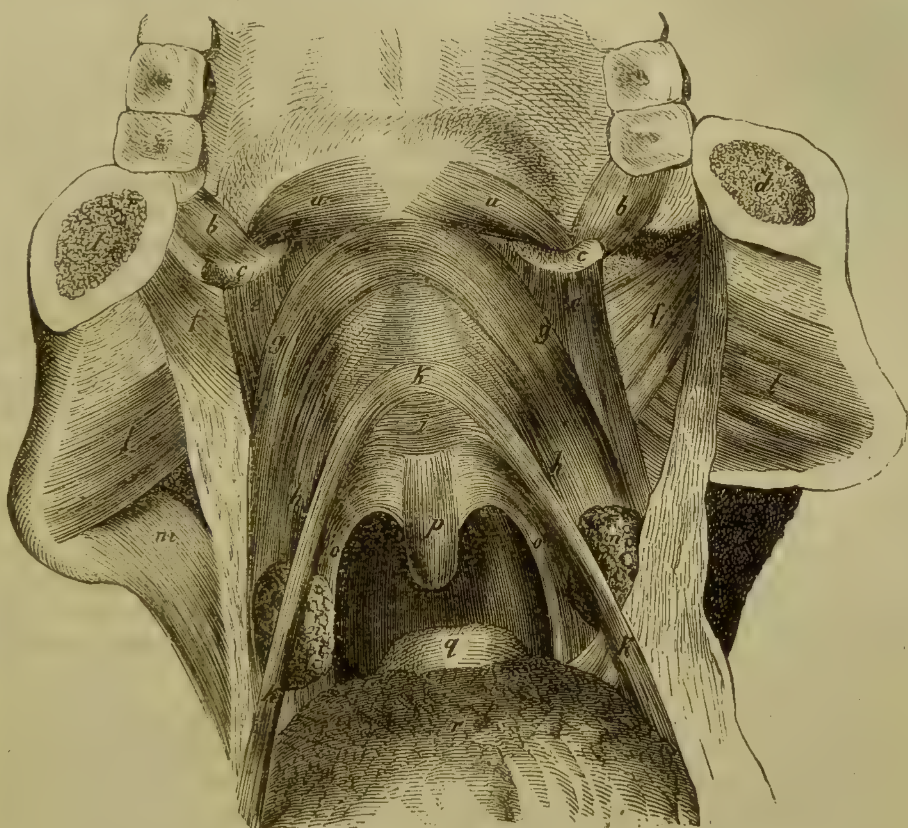


Fig. 66.

Diese Plica glossopalat. (arcus glossopalat.) verschmälert sich also von unten nach oben sowohl der Breite als der Dicke nach, und scheint bei gewöhnlicher Betrachtung allerdings im Zäpfchen zu endigen. Allein dem ist nicht ganz so. Erzeugt man nämlich einen phonischen Vorgang, bei welchem der Gaumenvorhang nach innen gezogen wird, pronuncirt man z. B. ein scharfes, etwas quäckendes, resonanzloses *A*, so wird man, besonders wenn man einen Hohlspiegel zu Hülfe nimmt, wahrnehmen, dass die Zungengaumenfalte ein Stück vor oder seitlich der Uvula von ihrer bisherigen, nach der Uvula zustrebenden Richtung nach dem hintern Rand des Vorhangs zu abgelenkt wird, hier stark durch Vortreten der Schleimhaut sich markirt, und offenbar auch hier endigt; wenigstens gehen die vordern Muskelfasern derselben bestimmt nicht weiter, und gelangen demnach bis zur Uvula. Dabei wird der obere Theil des Arcus etwas herabgezogen, so wie das

ganze Planum palati. Vielleicht ist diese Anordnung noch ein Rest des fötalen Zustands des weichen Gaumens, s. Tourtual p. 66.

Die Plica glossopalatina wird auch, wie schon erwähnt, der vordere Gaumenbogen, die von ihr begrenzte Oeffnung der Isthmus faucium genannt. Dem vordern korrespondirt der sogen. hintere Gaumenbogen, ein unpassender Name für das Gaumensegel, Gaumenvorhang, Velum palati mollis, das, wie bereits bemerkt, ein besonderes, wenngleich mit der obern vordern Abtheilung des weichen Gaumens, der Gaumendecke, unmittelbar zusammenhängendes Organ darstellt, welches vom vordern Gaumenbogen sich seiner Anordnung und Funktion nach diametral unterscheidet.

Was der Gaumenvorhang ist und wo er liegt, weiss jeder, der sich einmal mit geöffnetem Munde genau im Spiegel besehen hat. Er hängt an der Gaumendecke nach unten und hinten herab, und bildet gleichsam die Fortsetzung jener nach unten und aussen. (Fig. 60. u. 61.) Er kann am passendsten mit einem Vorhang vor einem Fenster oder einer Thüre verglichen werden, der für gewöhnlich zurückgeschlagen ist, aber zu Zeiten vorgezogen wird, um die Oeffnung zu decken. Das Zäpfchen hängt oben in der Mitte zwischen die beiden Hälften dieses Vorhangs wie eine Quaste herab. In und an diesem Organ kommen beide Gaumenbogen, wie in einem Kreuzgewölbe, zusammen, nach unten weichen dieselben auseinander, so dass ein hohler Zwischenraum zwischen beiden Bogen bleibt, der nach oben und innen spitz zugeht, nach unten und aussen breit wird. In dieser Bucht oder Nische (Fovea ovalis, s. Fig. 54. *f*,) liegt die sogen. Mandel oder Tonsille (54. *c*, 56. *d*), welche jedoch auf der Vorderseite des hintern Bogens oder des Gaumenvorhanges aufsitzt und den Bewegungen desselben folgt. Die Tonsille ist ein Aggregat von 10 bis 20 zusammengesetzten Balgdrüsen, die fest unter einander verbunden und von einer gemeinsamen Hülle zusammengehalten ein grösseres halbkugliges Organ bilden und auch oft mit ihren Oeffnungen in einige wenige zusammenfliessen, welche eine schleimig-speichelartige Flüssigkeit aussondern.

Der Gaumenvorhang ist, wie der Zungengaumenbogen eine Duplikatur der Schleimhaut der Nasen-Mundhöhle, und als solche Fortsetzung der Gaumendecke, von welcher sie durch die sekundär, aus der untern Platte dieser Duplikatur hervorragende Falte jenes Zungengaumenbogens abgegrenzt wird. Ausserdem unterscheidet er sich von der Gaumendecke noch durch seine grössere Dünnheit, da er weniger Muskelfasern besitzt, so wie durch eine dunklere Röthe und auffallendere Faltung seines Schleimhautüberzuges. Die Weite des Zungengaumenbogens oder der Abstand beider Pfeiler desselben beträgt bei weitgeöffnetem Munde und ruhender Zunge unten etwa 17‴, die Kurve desselben ist etwas mehr als ein Halbkreis, etwa die Hälfte einer Ellipse. In der Mitte schneidet diese Bogenlinie die Wurzel des Zäpfchens, während der innere Bogenrand des Gaumenvorhangs mit seinem obersten Stück die Spitze des Zäpfchens, etwa $1\frac{1}{2}$‴ über dem Endpunkte desselben, schneidet. Die Pfeiler des Gaumenvorhangs (oder des Schlundgaumenbogens) stehen bei weiter Oeffnung unten etwa 1″ von einander. Beim Einwärtszuge nähern sie sich bis auf 1‴ einander. Bei diesem Einwärtszuge des Gaumenvorhangs wird nebst dem oberen Ende der Zungengaumenfalte auch die Tonsille mit einwärts gezogen, welche daher aus ihrem Versteck stärker hervortritt, ohne dass ihr Abstand vom innern

Rande des Velum dabei sich merklich ändert. Die Tonsille ist demnach auf dem Velum, da wo es in die Seitenwand des Fangrohrs übergeht, angewachsen, und hat mit dem Zungengaumenbogen nichts zu schaffen.

Während wir mit dem Ursprung und Ansatz der Muskelfasern in der Zungengaumenfalte so ziemlich im Klaren sind, sind wir es bisher noch durchaus nicht mit dem des Vorhangs. Die Bewegungen, die wir an diesem Organ, namentlich beim Brechen und dergl. wahrnehmen, lassen alle bisherige anatomische Beschreibungen des diesen Vorhang bewegenden sogen. Musc. palatopharyngeus als irrig oder mangelhaft erscheinen.

Beim Schlingen und Brechen wird das Velum sammt der darauf sitzenden Tonsille heftig nach innen gezogen, so dass sich beide Flügel desselben, wenigstens soweit man davon an sich selbst betrachten kann, mit ihren innern Rändern einander fast völlig berühren; nur nach unten bleibt oft noch ein enger Spalt übrig. Aber nicht nur das Velum, sondern auch die dahinter gelegenen, ihm parallelen Theile des Pharynx, so weit man sie (von der Seite aus) sehen kann, werden dabei mit nach innen gewulstet. Das Planum palati ist dabei, wie bekannt, nach oben fixirt. Wo in aller Welt existirt nun der Muskelapparat und eine Beschreibung davon, welcher dieses Bewegungsphänomen hervorbringt? Dzondi, der die Erscheinungen, welche das Brechen am Gaumenapparate hervorbringt, wenigstens besser als seine Vorgänger betrachtet hat, lässt uns in anatomischer Hinsicht dabei leider völlig im Stiche. Den hier so wichtigen Musc. pharyngopalatinus beschreibt er anatomisch gar nicht, sondern führt nur die Hypothesen einiger Anatomen über seine Funktion an. Seine Abbildungen sind so schlecht, dass man gar nichts daraus entnehmen kann. Nach seiner Theorie und nach seinen Abbildungen müsste der untere Ursprung des Muskelapparats des Velum in der Mitte der Hinterwand des Pharynx zu suchen sein, weil bei der Kontraktion dieser Muskulatur die beiden Flügel des Velum zu völliger gegenseitiger Berührung zusammenrücken, und dadurch dem durch das Erbrechen zu Entleerenden der Weg in die Pars nasalis des Pharynx abgesperrt werden soll. Nach Theile dagegen entspringt dieser Muskel am hintern Rand der beiden Schildknorpelflügel, demnach würde auch bei der heftigsten Kontraktion beider Muskeln, wo sie doch nur gerade Linien bilden können, der Isthmus immer noch einen nach unten ziemlich einen Zoll weit klaffenden Winkel bilden, und das Auszubrechende durch die so gebildete und bleibende Oeffnung hindurch passiren müssen, wobei natürlich von jener von Dzondi angegebenen Absperrung des obern Theils des Pharynx, der Choanen u. s. w. gar keine Rede sein kann. Bidder hatte auch in dieser Hinsicht nicht viel zur Aufklärung beigetragen, was schon daraus hervorgeht, dass er die richtige Erkenntniss der Wirkungsweise der Musc. pharyngopalatini als Dzondi's grösstes Verdienst, das er durch seine Schrift erworben, bezeichnet. Er nimmt ferner irrthümlich an, dass die Gaumendecke schon in Folge des Hebens des Kehlkopfs (mittels des Hyothyreoideus, Stylopharyngeus u. s. w.) mitgehoben werde; ausserdem unterscheidet er gar nicht bestimmt genug zwischen Gaumendecke und Gaumensegel, und scheint über die hintere und untere Insertion des Musc palato-pharyngeus noch mehr im Unklaren zu sein, und weit weniger autoptische Beobachtungen gemacht zu haben, als Dzondi. — Krause neigt sich mehr zur Dzondi'schen Ansicht hin, indem er den Musc. pharyngopalatinus aus der seitlichen und hintern Wand des Pharynx, besonders aus den Fasern des

Musc. constrictor pharyngis medius hervorgehen und im Arcus gleiches Namens bis zum Zäpfchen verlaufen lässt. Bock sucht die verschiedenen Ansichten Dzondi's, Krause's und Theile's, dem er zunächst folgt, zu vereinigen, indem er sagt, dass der Musc. pharyngopalatinus an seinem Ursprunge an dem Constrictor medius, dann an den Stylo-pharyngeus und Constrictor superior stösst, einzelne Fasern desselben aber auch vom obern Horne und hintern Rande des Schildknorpels kommen; dass er sich dann mit einem grössern vordern und einem kleinern hintern Bündel (zwischen denen der Muskelbogen des Levator palati liege) zwischen den Platten des Velum palatinum verliere. Uebrigens giebt er nur zu, dass er die beiden Gaumenbogen einander etwas nähere, aber nicht bis zur völligen Berührung bringe.

Noch unglücklicher in Erklärung des Schlingens war Tourtual. Das Gaumensegel, sagt er S. 67, bildet eine häutige, abwärts geneigte Scheidewand zwischen dem Nasen- und Mundhöhlentheile des Pharynx, welche hinten zwischen den Gaumenschlundbögen durch einen tiefen Ausschnitt durchbrochen ist; durch die muskuläre seitliche Annäherung dieser Bogen mit Ausfüllung der rückständigen Spalte durch das Zäpfchen*) wird diese Scheidewand zu einer vollständigen. S. 74. (Cap. VIII) fährt er fort: der Arcus palato-pharyngeus (der eben diese Scheidewand bildet) verflacht sich an der Seitenwand des Schlundkopfs hinter und unter der Tonsille neben der Zungenwurzel da, wo auswärts der Musc. stylopharyngeus unter den Constrictor medius tritt, und geht mehr abwärts in eine zweite Schleimhautfalte über (Plica s. ligamentum pharyngo-epiglotticum), welche gegen das grosse Horn des Zungenbeins absteigend den hintern Rand des Ligam. hyoepiglotticum bekleidet und mit diesem auf den Seitentheil der Vorderfläche des Kehldeckels herabtritt. — Jedenfalls erstreckt sich also seiner Ansicht nach das untere Ende des Arcus pharyngopalatinus, auch wenn wir die erwähnte Falte als zu ihr gehörig betrachten, nicht über die Epiglottis hinaus. Bei Kontraktion der in ihm liegenden Muskelfasern wird also der von beiden Plicae pharyngo-epiglotticae gebildete Ring nicht in einen Spalt verwandelt werden, sondern in eine dreieckige Oeffnung, deren Basis die Epiglottis ist. Man sieht auch ein, dass durch diese Oeffnung nicht nur die Speisen und Getränke beim Schlingen und beim Brechen passiren müssen, sondern auch bei allen phonischen Vorgängen die tönende Luftsäule streichen muss; ebenso wie nach Theile's Ansicht, welcher das untere Ende der Schenkel dieses Arcus noch weiter zurück, an die grossen Hörner des Schildknorpels versetzt. Mit dem Dzondi'schen Absperrungssystem wäre es demzufolge Nichts. Indessen Tourtual sucht sich auf folgende Art zu helfen. „Während (bei der 2. Station des Schlingens) der Pharynx hinaufgezogen wird, hebt sich zugleich das Gaumensegel in der Mitte durch seine Levatoren, so dass die Neigung der hinteren Gaumenbogen sich fast gleichbleibt, und es erfolgt jetzt die zuerst von Dzondi gelehrte Einwärtsbewegung dieser Bogen bis nahe ihrer Berührung mit Ausfüllung der übrig bleibenden Spalte durch die vom Bissen zurückgedrängte Uvula, wodurch eine momentane Scheidewand zwischen dem Nasen- und Mundhöhlentheile des Schlundkopfes zur Abhaltung des Bissens von erstem und den hinteren Na-

*) Eine solche kann schon deshalb nicht stattfinden, weil jener Bogen an der Spitze des Zäpfchens endigt. S. oben.

senöffnungen hergestellt wird.“ So weit stimmt Tourtual mit Dzondi überein. Dagegen behauptet jener ferner, dass diese Scheidewand nicht vertikal steht, sondern etwas rückwärts geneigt ist, dass sie auch nicht vollständig ist, sondern ihre Pfeiler oder Bogen schon an den Seiten des Schlundkopfs aufhören, und ihre Insertionsstellen von der Mittellinie der hintern Wand 6''' entfernt liegen. Aber wie in aller Welt kann unter solchen Umständen ein Gegeneinanderrücken der Pfeiler stattfinden? Wenn demnach diese Bogen, fährt Tourtual fort, sich ihrer ganzen Länge nach zusammenlegen, so muss hinter ihnen noch eine Kommunikationsöffnung zwischen der untern (soll heissen oberen) und mittlern Abtheilung des Pharynx von 4''' Durchmesser übrig bleiben. Durch Kontraktion der Fasern der obern Hälfte des Constr. pharyngis medius und der des Constr. superior wird die Hinterwand des Rachens nach vorn (?) bewegt, den Choanen genähert, dem Gaumensegel angelehnt und weiter unten jenes „Loch“ zugedeckt. Durch die Gegeneinanderbewegung der Gaumenschlundbogen wird demnach der grössere obere Theil der ovalen hinteren Rachenenge geschlossen, der mittlere Vorhof ist vorn nach der Mundhöhle ganz, hinten nach dem Schlunde grösstentheils abgesperrt, und nur der untere kleinere Theil des gedachten Muskelrings (zwischen dem Kehldeckel und den Kehldeckelschlundfalten), der durch Kontraktion der darin liegenden Muskelfasern auch noch verschmälert wird, bleibt zum Durchgang des Bissens übrig, welcher nunmehr durch diese Oeffnung über die das untere Vestibulum deckende Epiglottis in den Kehlkopfstheil des Pharynx vorwärts geschoben wird u. s. w. So weit Tourtual.

Tourtual giebt sich demnach vorzugsweise Mühe, die Art und Weise zu erörtern, wie der untere Theil des Pharynx vom obern beim Schlingen abgesperrt werde, und weist Irrthümer, die Dzondi hinsichtlich dieser Absperrungstheorie begangen haben soll, nach, ohne jedoch, worauf es uns doch zunächst ankommt, anatomisch darzulegen, wie die so merkwürdige Aneinanderlegung der beiden Gaumenvorhangsbogen zu Stande komme. Denn nach seiner Beschreibung ist dazu nichts weniger erforderlich, als dass die Seitenwände des Pharynx an den Insertionsstellen jener Muskelbogen völlig aneinander gelegt werden, also der ganze weite Kanal hier vollkommen, wie durch eine Kneipzange, zusammengeknippen werde. Wie ist dies aber möglich?

Bei der Autopsie erscheint die Falte des Gaumenvorhangs in seinem ruhigen, weiten Zustande beiderseits unten, an der weitesten Stelle, d. h. an ihrem sogen. Ursprung unmittelbar, ohne Schatten zu werfen, in die Schleimhaut des Pharynx übergehend, während beim Aufsteigen sie sich alsbald von selbiger ablöst und nun erst zur allmählig sich immer verbreiternden Falte wird. Dabei liegen diese beiden Falten in einer Richtung von oben und vorn (Zäpfchen) nach unten und hinten, also schräg. Die Schlundkehldeckelfalte, die sich hier anschliesst, muss demnach von oben und hinten nach unten und vorn gehen, womit auch Tourtual (S. 78 unten) übereinstimmt. Sobald nun der Isthmus posterior sich verengt, sei es zum Vokalisiren, zum Schlucken oder Brechen, so wird die bisher glatte Falte wulstig, reicht tiefer herab, tiefer als das Auge sehen kann, und schiebt sich einwärts, vor der ruhig stehenbleibenden Hinterwand des Pharynx weg: die anfängliche Bogenlinie wird gerade, der anfängliche Spitzbogen spaltförmig. Verlängert man die Randlinie dieses Spaltes nach unten in derselben

Richtung weiter, so muss sie in der Hinterwand des untern oder Kehlkopftheils des Pharynx ihr Ende finden, beide Randlinien daselbst entweder $^1/_2$ oder $^2/_3$" auseinander stehen, oder ganz zusammentreffen, oder es kann vielleicht auch die gedachte, nur in ihrer obern Abtheilung sichtbare Falte nach unten sich in mehrere etwas divergirende Falten theilen, oder aus der untern Abtheilung des Pharynx aus mehrern anfangs getrennten nach oben zu konvergirenden Falten jene sichtbare Falte als Resultante in diagonaler Richtung emportreten. Jedenfalls ist sowohl Dzondi's als Tourtual's Ansicht eine einseitige und darum irrige, und die Anatomie der hier betheiligten Organe ist komplicirter, als beide Herren glaubten. Dzondi lässt die Pfeiler des Gaumenvorhangs ganz einfach in der Wandung des Pharynx endigen, ohne den Mechanismus nachzuweisen, welcher diese beiden Endigungen gegen einander bewegt, und ohne sich um die unter denselben liegenden Theile weiter zu bekümmern Tourtual lässt den hintern Isthmus beim Schlingen u. s. w. sich oben schliessen, unten zum Durchgang des Bissens offen bleiben; er bildet sich ein, dass durch jenen Schluss hinten noch ein Loch übrig bleibe, das er durch ebenso hypothetische Muskelbewegungen schliessen lässt, bleibt aber ebenfalls die Antwort auf die Frage, wie jener Schluss zu Stande komme, durchaus schuldig. Und so stehen wir wieder zu Anfang unserer Untersuchung, die wir daher jetzt von Neuem aufnehmen müssen.

Vor allen Dingen lehrt die Autopsie, dass der Schluss beider Pfeiler des Gaumenvorhangs beim Schlingen, Brechen u. s. w. kein vollkommener ist, dass dieselben bald oben in der Nähe des Zäpfchens, bald aber auch tiefer, unter dem Zäpfchen, bis zur gegenseitigen Berührung genähert werden, dass jedenfalls das Zäpfchen zum vollkommenen Schluss gar nicht nöthig ist. Ferner werden die freien Ränder der beiden Pfeiler bei diesem Vorgange sehr verdickt und gewulstet. Weiter sehen wir, dass die beiden so gebildeten Flügel des Gaumenvorhangs unmittelbar auf der Hinterwand des Pharynx aufliegen, dass von dem nach Tourtual hinten offenbleibenden Loche nicht das Geringste zu bemerken, also auch kein besonderer Mechanismus zur Schliessung dieses Lochs erforderlich ist. Ferner sieht man, dass die Hinterwand des Schlundkopfs, so weit sie sichtbar ist, bei diesem Vorgange fast ganz unverrückt bleibt, sich kaum ein wenig senkt und jedenfalls sich nicht von ihrer harten Hinterfläche nach vorn entfernt, was beiläufig auch ganz und gar unmöglich ist. Wohl aber sieht man ferner, dass die seitlichen Theile der Schleimhaut gegenseitig sich annähern, dass sich gleich hinter und neben dem Rande des Bogens und parallel mit demselben eine Falte (auf der Grenze der seitlichen und Hinterwand) bildet, welche sich mit dem Bogen selbst einwärts schiebt, ohne dass die mittlern Partien der Schleimhaut der Hinterwand dabei irgend eine sonderliche Veränderung zu erleiden scheinen. Niemals habe ich aber betrachten können, dass die Richtung der beiden Pfeiler des Isthmus auch bei stärkster Konraktion derselben eine konvexe geworden wäre, so dass nach unten zu eine Divergenz derselben von der geraden Linie stattgefunden hätte. Tourtual scheint eine solche anzunehmen, und die Form des ganzen Isthmus

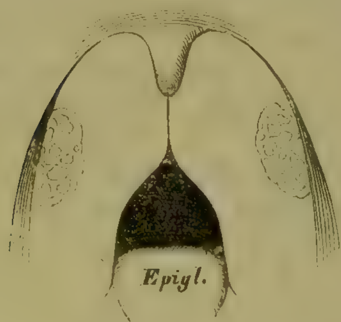


Fig. 67.

posterior beim Schlingen sich so vorzustellen, wie in Fig. 67. Eine solche Annahme wäre aber geradezu sinnlos.

Wenn wir nun unsere am Lebenden gemachten Beobachtungen zusammenfassen und mit den am Todten gewonnenen anatom. Resultaten zusammenhalten, wenn wir insonderheit erwägen, dass das Einwärtsziehen des Vorhangs nicht durch Muskelfasern geschehen kann, die diesem und der Plica pharyngo-epiglottica gemeinschaftlich angehören, ferner, dass die Vorhangsfalte ziemlich hoch oben, in einer dem einblickenden Auge noch sichtbaren Portion des Fangrohrs sich abplattet und zur Schleimhautwulstung wird, wenn wir ferner alle die Unmöglichkeiten uns vor Augen halten, die sich uns bei allen andern Erklärungsversuchen ergeben: so dürfte wohl folgende von meinen autoptischen und anatomischen Untersuchungen abstrahirte Ansicht Anspruch machen können, als die wahrhaft richtige, mit den wahrnehmbaren Phänomenen im besten Einklang stehende anerkannt zu werden.

Die Gegeneinanderziehung der Pfeiler des Velum palati geschieht mittels eines Muskelapparats, der aus den beiden M. palatopharyngei sich zusammensetzt, deren Fasern vom Zäpfchen aus in der bekannten Schleimhautfalte bogenförmig anfangs nach aussen verlaufen, bis sie sammt der allmählig verstreichenden Falte in der Gegend der Ecke des Fangrohrs mit dessen Wandung sich vereinigen, um hierauf unter der Schleimhaut derselben weiter verlaufend sich etwas nach innen zu wenden und mit divergirenden Fasern in der Mittellinie mit den der andern Seite zusammenzustossen. (Fig. 68 *h*). Wir können noch weiter gehen und annehmen, dass es bei diesem Zusammenstoss nicht bleibt, sondern dass nun beide Muskeln, ähnlich den Fasern der Mm. arytaenoidei obliqui, sich kreuzen, und dann jeder auf der andern Seite, weiter verlaufen, um sich mit den obern Fasern des sogen. Constrictor pharyngis inferior (des Thyreo-pharyngeus) zu vereinigen und Theil an deren Funktion (Hebung des Kehlkopfs) zu nehmen. Im Indifferenzzustande des Ansatzrohrs, oder bei einfach geöffnetem Munde, wenn weder ein Ton gegeben, oder ein Bissen geschluckt, oder erbrochen wird, kurz, wenn am Ansatzrohre keine anderweite Muskelbewegung stattfindet, zeigt dieser Muskelapparat oben seine ausgespreizte Ringform, wenn auch die Peripherie dieses Ringes nicht in einer geraden Ebene liegt. Sobald aber die beiden Endpunkte dieses Muskelapparats desselben hinreichend auseinandergerückt oder sobald die Fasern

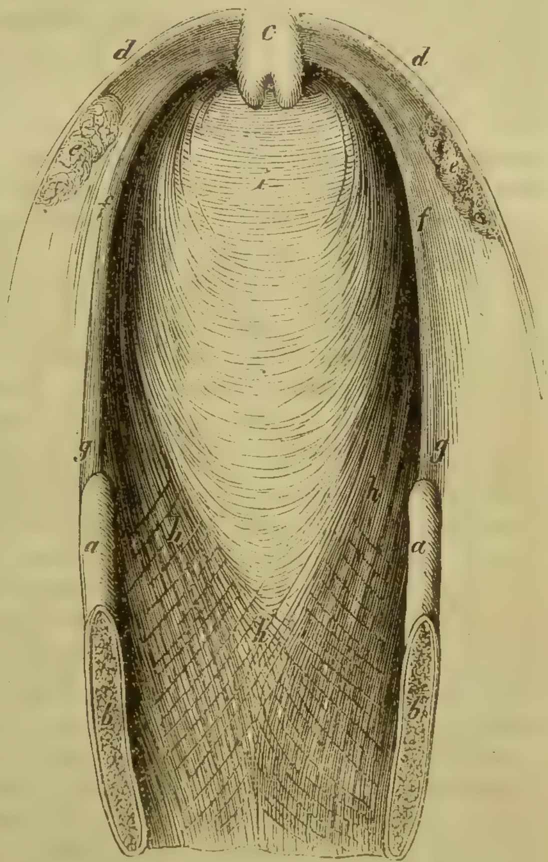


Fig. 68.

unsers Muskels, mögen beide Endpunkte durch andere Kräfte fixirt sein oder nicht, verkürzt werden, so muss der bisherige Bogen zur geraden Linie, der Ring zum Spalt werden. Das Uebrige erklärt sich nun wohl ziemlich von selbst.

Mit dieser Annahme leugne ich zuvörderst die Richtigkeit der bisherigen Beschreibungen des Musc. pharyngo-palatinus, so wie der Tourtual'schen Theorie vom Schlingen, wogegen ich die Beobachtungen Dzondi's und dessen Theorie als diejenige anerkenne, welche bis jetzt der Wahrheit am nächsten gekommen ist. Mit dieser Annahme fällt das Tourtual'sche Vestibulum pharyngis medium so gut wie ganz hinweg: es fallen eine Menge ungereimte Theorien über den sogenannten hintern Isthmus, über den Antheil der Ränder des Gaumenvorhangs bei der Stimmgebung — die Luft geht ja, um aus dem Kehlkopf in die Mundhöhle zu gelangen, gar nicht durch die Oeffnung des Gaumenvorhangs — kurz, es eröffnet sich jetzt eine neue, einfache und befriedigendere Anschauung der Organe, Räume und Bewegungen.

Dieser M. palatopharyngeus (pharyngopalatinus) entspringt nach Santorini, Theile u. vielen A. vom hintern Rande des Schildknorpels, steigt in der Schleimhautfalte des hintern Gaumenbogens aufwärts, wobei er hinter der Mandel weggeht, tritt zur Seite und unten in das Gaumensegel ein, und theilt sich hier in ein schwächeres hinteres und ein grösseres vorderes Fascikel, zwischen welchen der Muskelbogen der Gaumenheber liegt. Beide vereinigen sich in der Mitte der Gaumendecke bogenförmig; ein Theil der Fasern steigt vorwärts bis zur sehnigen Ausbreitung an der Gaumenwurzel. Nach aussen stösst der Muskel an den Musc. pterygopharyngeus und besonders an den Stylopharyngeus. Das Weitere ergiebt sich von selbst. Der Irrthum Santorini's, dem fast alle Anatomen bis jetzt gefolgt sind, bezieht sich auf die Anordnung der untern Portionen oder des sogen. Ursprungs des Muskels. Jedenfalls verleitete des Vorurtheil, dass jeder Muskel wenigstens einen festen Insertionspunkt haben müsse, Santorini zu jenem Ergebniss seiner anatomischen Untersuchungen. Er vermengte, wie es scheint, den Styopharyngeus mit dem Palatopharyngeus, übersah von der Stelle an, wo beide Muskeln neben einander treten, die nach innen gehende Beugung der Fasern des letztern, und hielt die Fortsetzung des Stylopharyngeus zum Theil für die des Palatopharyngeus. Für die damalige Zeit, wo man von Ringmuskeln noch nicht viel wusste, war dieser Irrthum wohl verzeihlich. Jedenfalls gehen aber die am Schildknorpel und etwas weiter vorwärts sich inserirenden Längenfasern des Fangrohrs (s. oben, Fig. 68. *g*) wie schon Tourtual gefunden hat, unserem Muskel nichts an, sondern es verhält sich damit so, wie wir oben gesagt haben. Ob wir den Ursprung desselben oben oder unten suchen, das ist ganz gleich, denn es ist ein vollständiger Ringmuskel, beiläufig neben dem Orbicularis oris der einzige bedeutendere Ringmuskel des Körpers, der keinen festen Insertionspunkt hat. Denn die Iris, welche, obwohl komplicirter, sich nach denselben Gesetzen bewegt (verengt) setzt sich von der einen Seite an die hier als fest zu betrachtende Sclerotica. Demnach gehört der Gaumenvorhang dem oder einem Isthmus faucium, d. h. einer Oeffnung, welche in den Schlund, oder umgekehrt aus dem Fangrohre in die Mundhöhle führte, gar nicht an; der Name Isthmus faucium posterior, dem Tourtual der von beiden Pfeilern dieses Vorhangs begränzten Oeffnung beilegt, passt also nicht. Vielmehr ist der

Gaumenvorhang das Absperrungsorgan für den Nasentheil des Schlundkopfs oder Fangrohrs, mag diese Absperrung sich auf Speisen und Getränke, oder bloss auf die tönende Luftsäule beziehen. Um jedoch die bisher übliche Nomenklatur nicht zu sehr zu stören, wollen wir für die vom Arcus pharyngopalat. begrenzte Oeffnung den Namen **Isthmus faucium** beibehalten, da ja die obere Abtheilung des Fangrohrs auch noch gewissermaassen zu den Fauces gehört und jedenfalls für die durch die Nasenhöhle inspirirte Luft der Name richtig gewählt ist, während wir die vom Arcus glossopalatinus begrenzte Oeffnung **Isthmus oris** nennen wollen.

Damit unser Ringmuskel in Kraft trete, ist, wie erwähnt, nicht unbedingt erforderlich, dass die am weitesten von einander entfernten Theile desselben, also die oberste und unterste Portion fixirt oder beziehendlich von einander noch mehr entfernt werden. Wo es aber geschieht, übernimmt dies Geschäft für die obern Portionen der Musc. levator palati uterque. Ist durch Kontraktion derselben der Zäpfchentheil der Gaumendecke aufwärts gezogen und fixirt, und wird gleichzeitig das Zungenbein in einer mässig tiefen Lage festgehalten, so ist der Musc. palatopharyngeus zu seiner Funktion vollkommen vorbereitet, und die vorher von ihm umschlossene ovale Oeffnung muss sich jetzt, wenn er sich verkürzt und dadurch gerade wird, ebenso in eine Spalte verwandeln, wie bei grellem Licht die Iris der Katze, die nach gleichem Mechanismus wirkt. Dabei wird, wie man deutlich mit Augen wahrnehmen kann, der Rand der Rachengaumenfalte dicker (weil die darin liegenden Muskelfasern dicker werden und sich wohl auch mehr in einen Strang zusammenlegen), und die in ihren Verhältnissen etwas gestörte Schleimhaut des Fangrohrs wird von diesem nach innen rückenden Muskelbündel auch mit nach innen geschoben, wodurch eine oder einige Faltungen entstehen. Der bisher hinter den Zungengaumenbogen zurückgebliebene und die daselbst befindliche Ausbuchtung bewirkt habende Vorhang wird aus diesem Versteck vor, nach innen gezogen, die Mandel kommt fast vollständig zum Vorschein und jene seitliche Ausbuchtung verstreicht bis auf ein Geringes. Aber dies ist noch nicht genug Wir wissen, dass von der Stelle aus, wo sich die Rachengaumenfalte unten verflacht, und wo, wie wir jetzt wissen, die Fasern unseres Muskels nach innen umbiegen, sich eine andere, nach unten und vorn sich ziehende und im hintern Rand des Ligam. hyoepiglotticum endigende Falte anschliesst. Wenn nun jene Umbiegung der Fasern unsers Muskels sich der geraden Linie nähert, so muss nothwendig die gedachte Falte (Plica pharyngo - epiglottica) ein Stück mit nach hinten, oben und innen gezogen, und da an ihr die Epiglottis hängt, auch diese nicht nur ein Stück rückwärts bewegt, sondern auch ihre Ränder umgerollt werden, so dass dadurch die Kehlkopfsapertur genauer gedeckt wird, als durch blosses Aufwärtsziehen des Schildknorpels möglich wäre. Diese Association wirft überhaupt einiges Licht auf die zwischen der Kehlkopf- und der Nasentheilöffnung bestehende phonische Synergie, welche darin besteht, dass bei enger Kehlkopfsapertur auch die Oeffnung des Nasentheils sich verengen muss. Auch die Lehre vom Schlingen wird dadurch klarer, dabei diesem Vorgang der Kehlkopf durch Niederbeugung der Epiglottis geschlossen werden muss. Aber die Musc. palatopharyngei können sich auch ohne Beihülfe der Fixirung ihrer Endigungspunkte zusammenziehen. Ist nur die obere Insertionsstelle, d. h. die Gaumendecke, fixirt, so vermag unser Muskel durch seine Verkürzung den Kehlkopf mit in die Höhe zu

ziehen, was er denn auch beim Schlingen und Brechen wirklich thut, demnach zwei dabei diesem Vorgang wesentliche Bedingungen erfüllt. Es finden aber auch Fälle statt, wo die Gaumendecke, weder fixirt noch gehoben ist, und wo dennoch der Isthmus faucium sich verengt, freilich nicht in dem Grade, wie es behufs der eben genannten Vorgänge erfordert wird. Ueberhaupt vermag der Isthmus sich zu verengen, sowohl bei hoch als bei tiefstehendem Planum palati: dagegen wird bei jeder solchen Verengung eine gewisse Hebung des Kehlkopfs beobachtet, die in geradem Verhältniss zum Betrage jener zu stehen scheint. Wir kommen darauf später bei Betrachtung der hierher gehörigen phonischen Phänomene zurück.

Unterstützt wird der Palatopharyngeus bei der Verengung des hintern Isthmus durch den Mylopharyngeus, wie wir bereits bemerkt haben. Wenigstens schiebt dieser Muskel die Tonsille, hinter welcher er verläuft, dadurch, dass er aus seiner gebogenen Lage in die gerade Richtung übergeht, nach einwärts. Dass auch der Musc. stylopharyngeus bei diesem Geschäft thätig ist, ist wenigstens sehr wahrscheinlich. Denn die Längenfasern des Pharynx werden während des Brechens angespannt und es zeigen dabei überhaupt die Wände des Pharynx eine gewisse Renitenz.

Der Musc. Palatopharyngeus ist bei folgenden Vorgängen thätig: 1) Beim Schlingen, damit nichts in den Nasentheil des Fangrohrs gerathe; 2) beim Brechen, aus demselben Grunde: der Bissen geht beim Schlingen nicht durch den Isthmus, sondern neben oder vor ihm vorbei; 3) bei Erzeugung hoher Töne, und scharf und mit nicht gar viel Athem eingesetzter Vokale. Das Zäpfchen wird dabei bald bis zum Verschwinden aufwärts gezogen, bald nur wenig in seinen Dimensionen geändert.

Wir haben nun noch über den seiner Form und Lage nach schon früher betrachteten Raum, welcher zwischen dem vordern und hintern Gaumenbogen und der hinter der Zungeninsertion am Zungenbein liegenden Vertiefung liegt, und vorn von dem Zungenrücken, hinten von der Plica pharyngo-epiglottica begrenzt wird, dem Vestibulum pharyngis medium Tourtual's, unserem Atrium cavitatis oris posticum (Fig. 54.) einiges Anatomische nachzutragen. Die Seitenwand dieses Raumes ist oben unter ihrem zugespitzten Ende von bedeutender Dicke. Es liegt hier von der Schleimhaut auswärts die Mandel (*c*), die nach aussen wiederum vom untern Theile des Bucco-,Mylo- und Glossopharyngeus bedeckt wird (Fig. 59*); etwas dünner ist sie unter der Mandel, wo die früher erwähnte Schleimdrüsenansammlung liegt, doch wird sie auch hier von aussen vom Musc. hyopharyngeus überzogen. Noch dünner und ärmer an Muskelfasern ist der untere hintere Theil des Atrium, die Fovea ovalis Tourtual's (54. *f*), welche jedoch an der auswendigen Fläche ihrer Wandung vorn vom Musc. hyoglossus, oben vom Glossopharyngeus, unten vom Zungenbeinhorne und den mehr horizontalliegenden Bündeln des Musc. hyopharyngeus, hinten von den äussern aufsteigenden Bündeln desselben Muskels begrenzt wird. Endlich tritt am obern Theile des hintern Randes der Fovea ovalis hinter und unter der Mandel der Musc. stylopharyngeus (59. 11) an die Fangrohrwand und breitet sich mit divergirenden Strängen aus, die wir bereits früher als Längenmuskel des Pharynx beschrieben haben.

Kombinirte Bewegungen und Dimensionsveränderungen am und im Ansatzrohr.

Das Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans, zunächst das Fangrohr, stellt den obersten Theil, nicht nur des Respirationsorgans, sondern auch des Darmkanals dar, und besitzt, um seinen verschiedenen Funktionen vollständig genügen zu können, einen Muskelapparat, der aus willkührlich und unwillkührlich kontraktilen Elementen zusammengesetzt ist. Jedes dieser muskulären Elemente muss fähig sein, sich für gewisse Zwecke isolirt kontrahiren zu können, es muss aber auch für andere Zwecke seine Selbstständigkeit aufgeben, um in Verbindung mit andern eine mehr allgemeine, sich über einen grössern Abschnitt des ganzen Rohrs verbreitende Kontraktion bewirken zu helfen. Aus diesem Grunde stehen die verschiedenen Bündel und Schichten der Muskulatur des Ansatzrohrs unter einander in Verbindung, und die anatomischen Trennungselemente sind verhältnissmässig sehr beschränkt.

Die kombinirten Bewegungen am und im Ansatzrohr bezwecken, dasselbe 1) zu heben und dadurch zu verkürzen, 2) zu senken oder nach unten zu ziehen und dadurch zu verlängern, 3) zu verengern oder dessen Breite und Tiefe zu verringern, 4) zu erweitern oder die genannten Dimensionen zu vergrössern, 5) die Wandungen desselben zu spannen oder zu erschlaffen. Ausserdem kann der Rauminhalt des Ansatzrohrs durch Verschiebung gewisser fester und weicher Organe gegen die Hinterwand desselben oder von ihr ab sehr modificirt werden.

Die meisten dieser Bewegungen finden gleichzeitig auf beiden Seiten oder Hälften des Fangrohrs statt, nur in der obern Abtheilung kann in Folge einer seitlichen Neigung oder Drehung des Kopfes in dieser Hinsicht ein Unterschied stattfinden. Aus diesem Grunde ist das Gewebe des Fangrohrs in dessen oberer Portion mehr elastisch, als muskulös, so dass hier bedeutende Dehnungen stattfinden können, ohne dass eine Zerreissung zu befürchten ist.

Verkürzt oder in seiner Längendimension beschränkt werden kann das Ansatzrohr auf verschiedene Weise: 1) einigermaassen, aber wohl nie ohne Mitwirkung der andern Mittel durch die krummen Muskelbündel der Pars nasalis, einschliesslich des Musc. sphenopharyngeus. Wenn diese Muskelbündel sich kontrahiren, so streben sie dadurch gerade zu werden, und können dabei die an ihrer Konvexität hängenden Portionen des Ansatzrohrs nach Maassgabe der Länge ihrer Muskelfasern etwas in die Höhe ziehen. Ausserdem dienen diese Muskelbogen als Kooperatoren u. Regulatoren jener elastischen obern Partien des Pharynx, sobald die Funktionen der Elasticität derselben dem Willen untergeordnet werden, wofern sie ein bestimmtes Maass nicht überschreiten sollen, und treten daher besonders bei den Drehungen und Neigungen des Kopfes in Wirksamkeit. 2) Durch die vom Schädelgrunde entspringenden, nach unten und innen konvergirenden Bündel des sogenannten Constrictor pharyngis superior (Azygos pharyngis, Salpingopharyngeus u. s. w.) 3) Durch die eigentlichen, mehr oder weniger longitudinal an der Hinterwand und den Seitenrändern der Pars isthmica et laryngea verlaufenden Hebemuskeln des Pharynx. Es gehören hierher der M. stylopharyngeus, Salpingopharyng. u. Palatopharyng., letzterer aber nur, wenn der Levator und Circumflexus palati mollis durch ihre Kontraktion die

Gaumendecke so weit fixirt haben, dass von ihr aus durch einen andern Muskel ein aufwärts gehender Zug ausgeübt werden kann. 4) Mittelbar endlich durch Hebung des Zungenbeins und Kehlkopfs, welche unmittelbar von der Muskulatur des Pharynx aus nicht oder nur wenig gehoben werden können, da dessen Hinterwand für gewöhnlich keinen festen Zugpunkt bietet. Aber wenn der Azygos pharyngis die Ursprungsstelle der obern Fasern des Hyopharyngeus angezogen hat, so dass die Strecke zwischen dieser und der obern Anheftung des Pharynx nicht gedehnt werden kann, und wenn gleichzeitig die longitudinale (innere) Faserschicht des Fangrohrs thätig ist, dann wirken der Hyopharyngeus und selbst der Thyreopharyngeus als Hebemuskeln, nicht nur für das Zungenbein und den Kehlkopf, sondern auch für die mittlern und untern Abschnitte des Fangrohrs. Im Uebrigen tragen also die Mm. stylohyoideus, digastrici p. posterior, palatothyreoideus, glossopharyngeus, styloglossus und hyothyreoideus mittelbar zur Hebung oder Verkürzung des Fangrohrs bei. — Durch die vereinigte Wirkung dieser Muskelkräfte vermag das Fangrohr bis auf mindestens $^{2}/_{5}$ seiner grössten Länge verkürzt zu werden. Diese Verkürzung findet mehr oder weniger statt behufs der Erhöhung des Tones, besonders wenn er mit wenig Luftvorrath erzeugt wird, sowie dann, wenn aus den tiefsten Brusttönen in den Strohbass übergegangen werden soll.

Verlängert oder nach unten gezogen wird das Fangrohr lediglich durch die Herabzieher des Zungenbeins und des Kehlkopfs (Mm. sterno- et omohyoideus, hyo- et sternothyreoideus bei Mitwirkung des Cricothyreoideus und der untern Portion des Cricopharyngeus), sowie durch die Längenfasern des Oesophagus, besonders wenn der obere Magenmund durch Kontraktion des Zwerchfells fixirt ist. Diese Verlängerung findet statt behufs der tiefen, vollklingenden Töne und bei Erzeugung einiger Vokale, wie in den spätern Abtheilungen dieses Werks nachgewiesen werden soll.

Die Verengerung des Fangrohrs ist entweder eine seitliche, den Querdurchmesser desselben verkleinernde, oder eine Abplattung, d. h. Verminderung des geraden von vorn nach hinten gezogenen Durchmessers. Die Pars nasalis wird transversell etwas verengt durch den Musc. sphenopharyngeus, in ihrem geraden Durchmesser durch Senkung des Kopfes. Die Pars isthmica wird verschmälert oder transversell verengert durch Wirkung des Musc. mylopharyngeus, transversell und von vorn nach hinten gleichzeitig durch die Mm. glosso- et hyopharyngeus; die Pars laryngea in ähnlicher Weise durch die Mm. thyreopharyngeus, hyothyreoideus, sterno- et omohyoideus und sternothyreoideus, insofern durch diese Muskeln der Schildknorpel rückwärts bewegt wird.

Erweitern lässt sich die Pars nasalis des Fangrohrs durch Heben des Kopfes und durch Relaxirung der Muskelbogen dieser Portion, die Pars isthmica durch den Musc. stylopharyngeus und durch die das Zungenbein und die Zunge nach vorn ziehenden Muskeln (Digastrici p. antica, Mylohyoideus, Geniohyoideus, Genioglossus), die Pars laryngea durch die den Schildknorpel senkenden Muskeln (Cricothyreoideus und unter gewissen Umständen Sternothyreoideus). — Hierher gehören auch die Modifikationen des Rauminhalts des Fangrohrs durch Verschieben gewisser vor demselben liegenden Organe gegen dessen Hinterwand hin oder von ihr weiter ab. So wird durch das Heben der Gaumenplatte der Raum des Fangrohrs vermindert, durch Senken derselben vermehrt; durch Vorwärtsziehen der

Zunge wird das Atrium pharyngis breiter, durch Rückwärtsziehen enger; endlich haben wir den Arcus pharyngopalatinus als Absperrungsorgan zwischen Pars nasalis et isthmica, und den Kehldeckel als bewegliche, verschiedener Neigung fähige Scheidewand zwischen Pars isthmica et laryngea kennen gelernt. Der Umfang der vordern in die Mundhöhle führenden Oeffnung des Fangrohrs wird zumeist seinem Höhe-, sehr wenig seinem Breitedurchmesser nach bei den übrigen Bewegungen desselben geändert.

Provocirt und begünstigt werden diese Dimensionsänderungen des Fangrohrs durch die Tensionsunterschiede der aus dem Kehlkopf aufgenommenen Luftsäule. Strömt sehr wenig Luft auf einmal ein, so müssen sich die Dimensionen des Fangrohrs verringern; und es kann dann sogar vorkommen, dass sich einzelne Stellen desselben in Folge der eintretenden Luftverdünnung einwärts krümmen oder gleichsam sphinkterisch sich einschnüren. Namentlich findet dies bei den hohen Fistel- und bei den Strohbasstönen an den Seitenwänden der Pars isthmica statt, oberhalb der Hörner des Zungenbeins, wobei auch die Pars laryngea durch tiefe Umbeugung der Epiglottis sehr eingeengt wird. Bei stark und dick einströmender Luft dagegen nehmen die Dimensionen des Fangrohrs, die Pars nasalis allenfalls ausgenommen, zu.

Die Spannungs-Verhältnisse der Wandungen des Fangrohrs stehen mit den Graden der Dimensionsveränderungen nicht immer in geradem Verhältniss; d. h. diese Wandungen sind nicht immer gespannt, wenn sie durch Muskelausdehnung verkürzt und verschmälert worden sind; und sie sind nicht immer erschlafft, wenn sie durch Muskelausdehnung verlängert worden sind. Im Allgemeinen werden die Wände des Fangrohrs nur dann und an solchen Stellen gespannt, wenn die betreffenden Muskeln einen gewissen Gegenzug, eine gewisse Last zu bewältigen haben. Namentlich wird eine solche Spannung eintreten, wenn das Zungenbein und der Kehlkopf tief herabgezogen sind, und gleichzeitig die Mm. hyo- et laryngopharyngeus sich antagonistisch, um diesem Tiefzuge entgegenzuarbeiten, zusammenziehen. Ausserdem hängt die Spannung des Fangrohrs zum Theil vom Grade der Spannung der in dasselbe aus dem Kehlkopf getriebenen Luftsäule ab.

2) Die Zunge.

Die Zunge ist das bekannte fleischige Organ, welches im Indifferenzzustand fast allein die Mundhöhle ausfüllt, im Thätigkeitszustand dagegen einer Menge so verschiedenartiger Bewegungen, Form- und Lageveränderungen fähig ist, wie kein zweites Organ im menschlichen Körper. Ueber die Lage der Zunge können wir rasch weggehen: sie liegt auf dem Boden der Mundhöhle zwischen der Innenfläche des Kinnes und dem Körper des Zungenbeins und ragt gegen die Wölbung der Mundhöhle aufwärts: bei manchen Bewegungen (zu akustischen Zwecken jedoch fast niemals) hängt sie zum Theil zur Mundhöhle heraus.

Die Grenzen der Zunge sind folgende: Zuerst die beiden Hauptinsertionen an der Innenfläche des Kinns und am Körper des Zungenbeins (Fig. 69. *b n*); sodann gränzt die untere Fläche der Zunge an die Mm. Geniohyoidei, Mylohyoidei und die Glandulae sublinguales, welche zusammen den Boden bilden, aus welchem die Zunge wie ein Pilz oder ein kurzer mit seiner Spitze umgekrümmter Kegel herausragt. Ausserdem ist die Schleimhaut des untern Theils der Mundhöhle nicht zu vergessen, durch welche der Zungenkörper

von 3 Seiten mit dem Unterkiefer, zunächst mit dem Zahnfleisch sämmtlicher Unterzähne kommunicirt. Beim Aufrichten der Zunge bilden sich mehrere Schleimhautfalten, besonders das sogen. vordere Zungenbändchen, welches eine permanente Duplikatur der Mundschleimhaut darstellt und von der untern Fläche der Zungenspitze zum Zahnfleisch der mittlern Schneidezähne verläuft; ferner auf jeder Seite noch 1–2 Längenfalten, die jedoch im Indifferenzzustande verstreichen. Nach hinten steht der Zungenkörper mit mehrern ihn von aussen her bewegenden, zu seiner eigentlichen Masse nicht gehörigen Muskeln in Verbindung, nämlich mit dem Glossopharyngeus, Styloglossus, Glossopalatinus und Keratoglossus, obwohl letzterer zum Theil in den Körper der Zunge eingeht, und sich zum Hintertheile der Zungenbasis fast ebenso verhält, wie der Genioglossus zum Vordertheile derselben.



Fig. 69.

Die Form der Zunge ist im Zustande der Ruhe die eines nach vorn zu etwas abgeflachten Eies, das mit dem grössern Theile seiner untern Hälfte angewachsen ist, beim ausgestreckten Zustande erscheint ein senkrechter Durchschnitt von vorn nach hinten haken- oder Gemshornförmig. Stereometrisch betrachtet bietet die Zunge im Ruhezustande nur eine doppelt gekrümmte Ober-Hinterfläche und eine in der Länge parabolisch gekrümmte, in der Breite konvexe, ziemlich schmale Seiten-Vorderfläche dar, aber keine Unterfläche. Eine solche entsteht erst, sobald die Zunge aus ihrem Lager sich erhebt, und ihren Vordertheil auf Kosten der Dicke in die Länge zieht. Dann bildet sich erst die eigentliche zungenförmige Gestalt aus, die wir weiter nicht zu beschreiben nöthig haben. Wohl aber müssen wir noch eine sogen. Wurzel der Zunge unterscheiden, wenn wir dieselbe auch in einem andern Sinne nehmen, als gewöhnlich geschieht, und namentlich auch als von der Grundfläche dieses Organs verschieden darstellen. Unter Wurzel der Zunge verstehen wir nämlich ihre Insertionsstellen, also die Hinterfläche des Kinntheils des Unterkieferknochens, das Zungenbein fast in ganzer Länge, und noch einige Stellen, an welchen der Körper der Zunge mit äussern Muskeln zusammenhängt. Im Allgemeinen können wir eine vordere und hintere Wurzel der Zunge unterscheiden. Erstere wird von beiden Genioglossi ge-

bildet, letztere von der Lyssa und den Hyoglossi. — Die Zunge lässt sich von oben gesehen, namentlich bei den Wiederkäuern, leicht in 3 Regionen theilen, die gewöhnlich als Spitze, Körper und Wurzel bezeichnet werden; die erstere ist oben flach und kann Dorsum planum heissen, sie grenzt nach hinten an den hügelförmigen, mittlern Theil, Dorsum gibbosum, welcher in den letzten, nach dem Kehldeckel zugeneigten Theil, Dorsum radicis übergeht. Beim Menschen fehlt der Theil, welcher bei den Wiederkäuern als Spitze zu bezeichnen ist, da der Musc. lingualis, der bei diesen Thieren sich nur bis an den Vorderrand des mittlern Theils erstreckt, beim Menschen bis zur Spitze selbst reicht.*) — Die Dimensionen der Zunge richten sich im Allgemeinen nach denen der Mundhöhle. Die Länge beträgt im Ruhezustande etwa 3'', im ausgestreckten 4—5''; ihre Breite etwa 2'', bei Verlängerung oder Zuspitzung der Zunge etwas weniger; die Dicke beträgt von der vordern Wurzel bis zum Rücken etwa $1^2/_3$'', an der Spitze kaum $^1/_2$''. Das Gerüste der Zunge bilden die beiden Mm. genioglossi, der M. transversus linguae und der Faserknorpel der Zunge. Zaglas unterscheidet die Substanz der Zunge in eine von der Fascia lingualis überzogene Rindenmasse, und in eine Markmasse. Die erstere umgiebt die Zunge von allen Seiten, mit Ausnahme der untern, wo die Mm. genioglossi eintreten, und bildet eine rindenförmige Schicht in Gestalt eines umgedrehten Pantoffels. In dem so umschlossenen Raume liegen die Muskeln, welche die Markmasse bilden. Zu den Muskeln der Rindensubstanz rechnet er die Mm. hyoglossus, styloglossus, chondroglossus, notoglossus (Rückenzungenmuskel), lingualis. Zur Markmasse gehören die Mm. genioglossus, perpendicularis, transversus, glossopalatinus, glossopharyngeus.

Der Zungenknorpel, Cartilago linguae, Septum cartilagineum, Lyssa, Tollwurm, ist nach Kölliker**) eine derbe, weissgelbliche, inmitten der Zunge senkrecht zwischen beiden Genioglossi stehende fasrige, aus gewöhnlichem Sehnen- oder Bandgewebe zusammengesetzte, nicht knorpliche Platte. Diese beginnt niedrig am Zungenbeinkörper in Verbindung mit einer breiten Faserlamelle, Membrana hyoglossa (Blandin), die vom Zungenbein zur hintern Zungenwurzel geht und das Ende der Genioglossi bedeckt; erreicht sehr bald dieselbe Höhe, wie der Musc. transversus, nach Krause 3—5''', und nimmt am vordern Drittel der Zunge allmählig ab bis zur Zungenspitze, wo sie sich ganz niedrig oder strangartig verliert. Nach oben reicht dieses 0,12''' dicke Septum linguae bis $1^1/_2$—2''' entfernt vom Zungenrücken, nach unten bis dahin, wo die Genioglossi im Zungenfleische sich verlieren, endet jedoch hier nicht scharfrandig, sondern hängt unmittelbar mit dem Perimysium zwischen den beiden Geniogl. zusammen. Das hintere Drittel seines obern Randes geht nach Zaglas in die Fascia lingualis über. Der Zungenknorpel ist oft von kleinen Oeffnungen durchbrochen; an seine Flächen setzen sich die Fasern des Genioglossus an. Bei manchen Thieren ist er stärker entwickelt, oder wird durch einen knöchernen Fortsatz des Zungenbeins repräsentirt. Er giebt den Bewegungen der Zunge, besonders den Druckbewegungen, mehr Energie, dient daher nach Huschke mehr zur Beförderung des Schlingens, als des Sprechens. Zuweilen fehlt er ganz; dies mag beson-

*) John Zaglas über den muskulären Bau der Zunge, in Goodsir Annal. I. 1850.

**) Handbuch der Geweblehre. Leipzig 1852. S. 344 ff.

ders bei solchen Individuen der Fall sein, deren hinterer Zungentheil sich leicht niederdrücken lässt.

Musc. genioglossus, Kinnzungenmuskel (Fig. 53. 16, 69. *h*, 70. *g–k*) ist der grösste und komplicirteste Zungenmuskel, der zum grossen Theil die Basis des ganzen Organs bildet, und im Allgemeinen sich in einer vertikalen Ebene nach der Länge desselben ausbreitet. Er entspringt an der Innenfläche des Kinnes an der senkrecht stehenden rauhen ovalen Stelle (Fig. 57. *b*) mittels eines kurzen strahlig ausgebreiteten sehnigen Streifens, von und neben welchem entstehend die Muskelfasern sofort einen 5—6''' hohen seitlich platten Strang bilden, der mit seinen stark gesonderten Bündeln hinter und neben dem Zungenbändchen von unten in den Zungenkörper eindringt und sich bis zum Zungenbeine und zur Zungenspitze fächerartig ausbreitet. Die untersten dieser Fasern liegen auf dem Musc. genio-hyoideus und verlaufen mit dessen Fasern parallel und geradlinigt gegen das Zungenbein (Fig. 69. *g h*). Vorn werden die Muskeln beider Seiten bis zur Tiefe von einigen Linien gegen den Zungenrücken hin durch einfaches, weiter hinten fetthaltiges Zellgewebe verbunden; am letzten Drittel der Entfernung zwischen Kinn und Zungenbein aber fliessen die Fasern beider Seiten in einander. Die untersten Fasern breiten sich zugleich hier etwas in der Querrich-

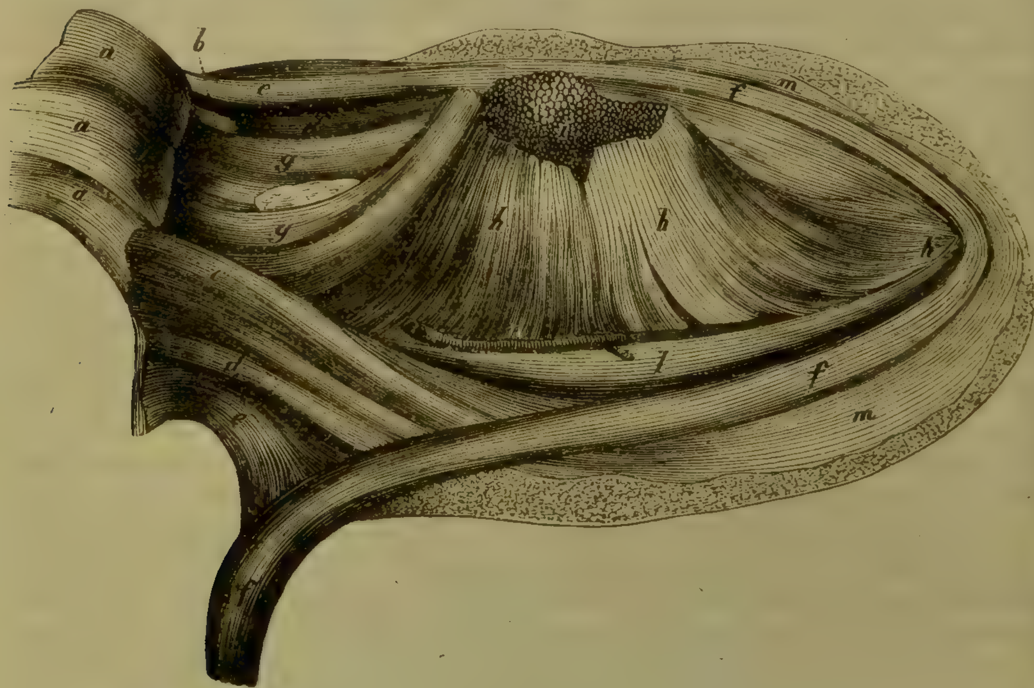


Fig. 70.

tung aus, und heften sich so an die ganze obere Hälfte der vordern Fläche des Zungenbeinkörpers.*) Die zunächst folgenden Fasern gehen theils an das sogen. kleine Horn des Zungenbeins, einige nach Kölliker u. a. auch (als Levator epiglottidis Morgagni, Glosso-epiglotticus Heister) an die vordere Fläche des Kehldeckels (was aber Theile leugnet), und weiter seitlich gehen die Fasern in die des Glossopharyngeus über. Nach Theile steigen

*) Nach Blandin und Zaglas gelangen keine Fasern dieses Muskels bis zum Zungenbein.

auch einige Fasern bogenförmig zwischen der Mandel und dem Styloglossus nach oben zu dem Ligam. pterygo-maxillare. Alle übrigen Fasern, also der grössere Theil des ganzen Muskels, steigen zwischen der Mittelfläche (Durchschnittsfläche) und dem Rande der Zunge gegen den Rücken derselben fächerartig in die Höhe, so dass sie von der Spitze bis zur hintern Wurzel die Mitte des Organs einnehmen, und eine lange, mässig breite Fleischmasse bilden, die jedoch nichts weniger als kompakt ist. Die Bündel der Genioglossi zerfallen nämlich, im Zungenkörper selbst angelangt, vom untern Rande des knorpligen Septum an, wo sie hin und wieder einzelne Faserbündel austauschen, beiderseits in eine grosse Anzahl hintereinander liegender Lamellen, die in kurzen Abständen von einander liegend, aber durch die Fasern des Transversus von einander getrennt, in der Mehrzahl senkrecht, zum Theil nach vorn oder hinten gekrümmt, nach dem Zungenrücken hin verlaufen. So in einzelne dünne (etwa 6 — $^{14}/_{100}$''' dicke) Blätter gesondert erstrecken sich die Fasern des Genioglossus so weit, als das Septum reicht, worauf sie von vorn nach hinten gehende Lamellen bilden, weil sich nun die Bündel des oberen Längenmuskels zwischen sie schieben. Besonders in den zwei vordern Dritteln der Zunge ist diese Anordnung deutlich, und es endigen hier die Fasern des Genioglossus in der Schleimhaut (Fascia nach Zaglas) der Zunge selbst, indem die Primitivbündel des Muskels unmittelbar an der Mucosa gruppenweise in kleine sehnige Streifen von Bindegewebe sich fortsetzen, die dann zum Theil in der untern sehr festen Lage der Schleimhaut sich verlieren, zum Theil bis an die Basis der Papillen verlaufen. Am hintern Drittel, und zwar an der Gegend der Papillae circumvallatae dagegen treten die Fasern nur in der Mitte mit isolirten Bündeln bis zur Mucosa; an der hintern Zungenwurzel endlich gelangt der Muskel gar nicht bis an die Schleimhaut, sondern endigt an und zwischen den hier liegenden traubenförmigen Drüsen, gleichfalls durch Sehnenstreifen mit denselben oder einem fibrösen Gewebe zwischen ihnen sich verbindend. Die vordersten, bis zur Zungenspitze gelangenden Fasern schlagen sich bogenförmig nach vorn um.

Nach aussen und unten vom Genioglossus liegt die Zungendrüse, der M. mylohyoideus, der Longitudinalis inferior, der Hyoglossus, und der Styloglossus in der bereits angegebenen Weise. Gerade unter ihm liegt der Geniohyoideus.

Die Wirkung des Genioglossus ist ziemlich zusammengesetzt und mehrfach, da die einzelnen Bündel so verschiedene Lage haben und einzeln oder vereint wirken können. Die am Zungenbein sich anheftenden Fasern ziehen diesen Knochen nach vorn und wirken so in Verbindung mit dem Geniohyoideus beim Schlucken, Brechen, bei mehrern phonischen und laletischen Akten und beim Hervorstrecken der Zunge. Diejenigen Fasern dagegen, welche sich in der vordern Hälfte der Zunge ausbreiten, vermögen vielmehr die ausgestrekte Zunge in die Mundhöhle zurückzuziehen. Ausserdem vermögen die zur Epiglottis gehenden Fasern zum Heben des Kehldeckels beizutragen. Ist der ganze Muskel beiderseits in Thätigkeit, so wird die Zunge wie dies behufs des Schlingens (1. Station) und mehrerer Sprechlaute erforderlich ist, gegen den Boden der Mundhöhle gedrückt, der Eingang aus dem Fangrohr in die Mundhöhle erweitert, und die Zungenspitze etwas vom Zahnrande zurückgezogen und nach unten gekrümmt. Mit dem Geniohyoideus und Transversus zusammenwirkend streckt er die Zunge vor, zum Munde heraus.

Musc. hyoglossus, Zungenbein-Zungenmuskel (Fig. 69. *m*, 70. *c*–*e*, 71. *h*) ein dünner, vierseitiger, seitlich-platter Muskel, entspringt fleischig längs des obern Randes des Zungenbeinhorns (Keratoglossus), so wie an der äussern Portion des Zungenbeinkörpers seiten der Insertion des Genio-hyoideus (Baseoglossus). Das von den kleinen Hörnern entspringende Bündel, (Fig. 71. *h h*), nach den ältern Anatomen ein integrirender Theil des Hyoglossus, nach Theile unbeständig und unwesentlich, gehört nach Kölliker zum Longitudinalis super. (s. d.), nach Zaglas stellt er einen besondern Muskel (Chondroglossus) dar. Alle jene Fasern verlaufen schief nach oben und in gebogener Richtung erst nach aussen, später nach innen, dabei aber nach vorn, zunächst gegen den hintern seitlichen Theil der Zunge. Die vordersten Fasern, so weit sie sich frei legen lassen, sind ziemlich 2″, die hintersten etwa 1″ lang, die mittlern im Verhältniss. Es verhält sich nun der Hyoglossus am Seitentheil der Zunge etwa ebenso, wie der Genioglossus in der Mitte*) Die stärkeren Bündel (Baseoglossus zerfallen, an der untern Fläche des Zungenrandes angelangt, in eine grössere Anzahl dünner querstehender Lamellen, die mit grösseren oder kleineren Krümmungen nach oben zwischen die einzelnen Blätter des Transversus sich einsenken und im weitern Verlauf gerade so wie die Lamellen des Genioglossus, an die sie von aussen angrenzen, sich verhalten, nur dass die Richtung ihrer Fasern während ihres Aufsteigens nach dem Zungenrücken mit einer leichten Krümmung schief nach innen geht. Am Rücken der Zunge liegt der Hyoglossus zwischem dem Genioglossus und dem obern Rande des Transversus, bildet, wie ersterer, longitudinale Blätter mit senkrecht stehenden Fasern, zwischen denen die obern Längsfasern liegen, und endet dann ebenfalls an der Schleimhaut. Etwas undeutlicher wird diese Ausbreitung des Hyoglossus nach hinten, wo die zärteren Fasern des Baseogloss. liegen. Diese liegen mehr horizontal, schieben sich aber auch zwischen die Blätter des Transversus und endigen am Zungenrücken. Am weitesten nach vorn, bis zur Zungenspitze, gehen die vordersten Fasern des Hyoglossus, und zwar über die Fasern des Longitudinalis infer. u. Stylogl. nach deren Vereinigung vor dem Rande des Hyoglossus hinweg. — In der Zunge liegt der Hyoglossus zwischen dem Longitudinalis inferior nach innen und dem Styloglossus nach aussen (Fig. 70. *c*—*f* u. *l*); ferner berührt er nach innen den Glossopharyngeus und die Endfasern des Hyopharyngeus am

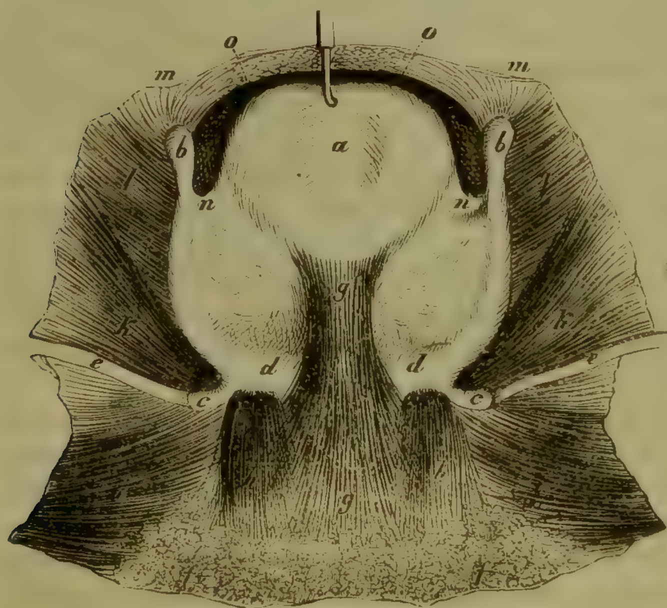


Fig. 71.

*) Kölliker a. a. O.

Zungenbein (Fig. 71 *h—l*). Er selbst wird vom Digastricus und Styloglossus bedeckt. Von vorn und unten aus betrachtet liegt er über dem Mylohyoideus.

Die Funktionen, zunächst Bewegungsrichtungen, dieses Muskelsystems sind nicht so einfach, wie sie gewöhnlich angegeben werden. Nach Theile presst er den hintern Theil der Zunge, namentlich die Seitenränder derselben, gegen den Boden der Mundhöhle, d. h. gegen das durch anderweite Kräfte fixirte Zungenbein. Nach meiner Ansicht ist er es hauptsächlich, welcher die Zunge in ihrer gekrümmten Lage erhält, und beim Schlucken diese Krümmung behufs der Schliessung der Kehlkopfsapertur noch vermehrt. Nach Bock wird die Zunge dabei verbreitert, vorzüglich wenn sie vorher gekrümmt und hohl gemacht war. Ich gestehe, dass ich bis jetzt noch keine bestimmte Vorstellung von der Wirkungsweise dieses Muskels mir machen gekonnt habe.

Musc. transversus linguae, Fibrae transversales, der eigentliche Kern- oder Parenchymmuskel der Zunge, besteht nach Kölliker aus zahlreichen, jeder Zungenhälfte für sich angehörenden Lamellen, die ganz regelmässig zwischen die querstehenden Blätter des Genioglossus sich einsenken, und in allen Abschnitten der Zunge zu finden sind. Jede Lamelle ist ein 0,1 bis 0,16‴ dickes, in der Mitte der Zunge $^3/_4$‴ hohes, im Allgemeinen senkrecht stehendes Blatt, dessen Muskelfasern vom Septum bis zum Seitenrand der Zunge sich erstrecken. Sie entspringen in der ganzen Höhe und direkt von den Flächen des Septum, unter Beihülfe von etwas querstehendem, den Längenfasern des Septum nicht angehörendem Sehnengewebe, und gehen in kleine platte Bündel vereint erst gerade nach aussen, dann nach oben umbiegend erreichen die obersten (kürzesten) Fasern die Seitentheile des Zungenrückens, die untern längern den Seitenrand der Zunge, in deren Schleimhaut sie sich mit kurzen Zellgewebstreifen anheften. Sie beschreiben also einen nach unten und aussen konvexen Bogen. Die vom untern Rande des Septum kommenden Fasern gehen nach Theile quer nach aussen und erreichen den Zungenrand, d. h. die innere Fläche des hier verlaufenden Styloglossus, ohne vorherige Krümmung. Die Lamellen des Transversus treten zwischen die aufsteigenden Lamellen des Genioglossus und Hyoglossus durch, und kreuzen sich mit denselben. Doch verlaufen die Lamellen nicht kontinuirlich vom Ursprung bis zum Ende, sondern sie theilen sich zwischen durch wieder in Fascikelchen, die zuweilen von den andern Lamellen ablenkend zwischen 2 aufsteigende Lamellen jener beiden Muskeln hervor tretend in die 2 nächsten Lamellen derselben dringen, und so die Vernetzung der Fasern noch vermehren. Auf senkrechten Längsdurchschnitten sieht man oft einzelne Blätter des Genioglossus unter einander sich verbinden, und die Blätter des Transversus in mehrerere kleinere übereinander liegende platte Bündel zerfallen. — Uebrigens liegt der Transversus zwischen den beiden Längsmuskeln der Zunge, sonst ziemlich an denselben Stellen, wo Genio- und Hyoglossus zu finden sind. Die Wirkung des Transversus besteht in Verschmälerung und Zuspitzung der Zunge bei gleichzeitiger Vorwölbung des Mittellängentheils der Zunge. Wo eine Druckgebung gegen den harten oder weichen Gaumen erforderlich ist, da ist dieser Muskel thätig. In Folge der Verschmälerung wird aber auch die Zunge länger, und wenn gleichzeitig das Zungenbein vorgeschoben und der Mund geöffnet wird, so wird die Zunge herausgestreckt.

Musc. longitudinalis linguae inferior, unterer Längsmuskel der

Zunge, früher und noch neuerdings von Zaglas einfach Lingualis genannt (Fig. 70. *l m*), ist ein zwischen Genioglossus und Hyoglossus an der untern Zungenfläche gelegenes ziemlich starkes Längsbündel von etwa 2'' Länge, obwohl Anfang und Ende nicht leicht sich angeben lässt. Sein hinterer Theil scheint sich mit vielen übereinander liegenden platten Bündeln zwischen den queren Fasern des Genioglossus (wo er in den Glossopharyngeus übergeht), des Styloglossus und Transversus (an der Zungenwurzel) zu verlieren; sie zerfallen aber nach Kölliker ebenso wie die hintersten Theile des Genioglossus in viele Blätter, steigen zwischen die Querfasern bis zum äussern Theil der Drüsenschicht der Zungenwurzel leicht gebogen auf, und enden dann an diesen, wie die nach innen von ihnen liegenden Lamellen des Genioglossus. Vorn verbindet sich unser Muskel mit dem stärkern Bündel des Styloglossus, und endet mit demselben an der Zungenspitze, geht aber auch, vorn an den Hyoglossus sich anschliessend, mit vielen zarten Lamellen zwischen den Querfasern bis zum Zungenrücken, und verhält sich am Rande des vordern Drittels der Zunge so, wie der Hyoglossus weiter rückwärts. — Nach Zaglas entspringt der Musc. lingualis vom Rücken der Zungenwurzel in queren Bündelreihen, die sich erst senkrecht in den Zwischenraum zwischen Genio- und Hyoglossus herabziehen. Hier sammeln sich die Fasern zu einem dicken Muskelbündel, das in dem genannten Raum nach vorn verläuft, beim Menschen im vordern Zungendrittel flacher wird, und strahlenartig die obern Fasern nach oben abgehen lässt, welche dann verschwinden, sowie sie die Mittellinie des Zungenrückens erreichen. Ein kleines, aber wie es scheint konstantes Bündel geht zwischen die Genioglossi hin. In höckrigen Zungen erreichen die Fasern nicht die Zungenspitze, sondern umgeben dieselbe schlingenförmig. — Seine Wirkung besteht darin, dass er die Zunge in der Richtung seines Verlaufs verkürzt, und die Zungenspitze rückwärts und wohl etwas abwärts (niederwärts) zieht, vielleicht auch krümmt. Auf den Zungenrücken (hinteren Theils) scheint er keine Bewegungsveränderung auszuüben, vielmehr ist dieser vermöge seiner grössern Masse wohl als der fixe Punkt zu betrachten, von welchem aus der Muskel seine Wirkungen nach vorn zu entfaltet.

Musc. longitudinalis superior, oberer Längsmuskel der Zunge, eine den ganzen Rücken der Zunge bedeckende zwischen den obersten Fasern des Transversus und der Schleimhaut befindliche Längsfaserschicht. Den Anfang derselben bildet nach Kölliker der fast allgemein verkannte Chondroglossus (Fig. 71. *h*), ein mässig starkes vom kleinen Horn entspringendes Bündel, das, weil vom Baseo- und Keratoglossus gleich anfangs durch die Arteria lingualis und Nerv. glossopharyngeus getrennt, auch weiterhin von jenen fern bleibend, vom Hyoglossus durchaus abgesondert werden muss. Zu diesem Bündel ist nun nach meinen Untersuchungen noch einigermaassen der bereits von einigen ältern Anatomen erwähnte, von den spätern jedoch ignorirte unpaarige Musc. glossoepiglotticus zu rechnen, (Fig. 71. *g*), welcher obwohl zunächst zur Regulirung der Dimensionsänderungen des darüber liegenden Ligam. glossoepiglotticum (Fig. 55. *f*) bestimmt, doch wenigstens einen Theil des Zungenrückens bedeckt und als hinterer mittlerer Theil des Musc. longitud. superior angesehen werden kann. Jedenfalls hängen seine Fasern nach vorn zu mit letzterem Muskel anatomisch zusammen. Unter der Schleimhaut der hintern Zungenwurzel, aber wegen des laxen hiesigen Gewebes ziemlich tief liegend, ziehen diese

Bündel pinselförmig sich ausbreitend unter der tiefern Drüsenschicht und zum Theil mitten durch dieselbe und durch die Endigungen des Geniogl. und Longitud. inferior sich nach vorn, breiten sich immer mehr aus, und nähern sich dann auch mehr der Schleimhaut. Schon vor den Papillae circumvallatae nehmen jene beiden Muskeln fast die ganze Breite der Zunge ein, berühren sich in der Mittellinie, und ziehen nun in Gestalt schmaler hier und da unter spitzigen Winkeln sich verbindender Längsblätter unmittelbar unter der Schleimhaut zwischen den Enden der Genio- und Hyoglossi nach vorn bis zur Zungenspitze, wo sie in der Haut der obern Fläche sich verlieren. Nach vorn zu sind diese Längsfasern auffallend stärker, so dass die Fasern der beiden Chondroglossi nicht ausreichen, sie zu versehen. Entweder theilen sich die Fasern dieser Muskeln (wie in der Zunge des Frosches), oder es entstehen noch von andern Orten her obere Längsfasern, wie Zaglas (der dieselben als Musc. notoglossus beschreibt) und Theile behaupten. Kölliker glaubt, dass entweder die Bündel der Chondroglossi nach vorn zu einen Zuwachs an Primitivfasern erhalten, oder dass besondere obere Längsfasern in dem derbern Gewebe der Drüsenlage der Zungenwurzel und weiter vorn von der Schleimhaut selbst entspringen, für welche letztere Ansicht auch der Umstand spricht, dass die Chondroglossi nicht in allen Fällen vorhanden sind, während die submuköse obere Längsfaserschicht nie fehlt. Die Wirkung des obern Längsmuskels besteht darin, dass er die obere Schicht der Zunge verkürzt, und auf diese Art das ganze Organ, soweit es frei beweglich ist, hebt, wenigstens die Spitze nach oben umbeugt.

Musc. perpendicularis linguae. Perpendikuläre Fasern, die dem Zungengewebe eigenthümlich sind, fand Kölliker nur in der Zungenspitze, wo sie mit zarten Bündeln zwischen dem untern und obern Schleimhautüberzuge ausgebreitet sind. Der innerste Theil dieser Bündel wird vom Vordertheil des Transversus, die Enden derselben vom Longitud. superior und inferior, sowie vom Styloglossus durchsetzt, so dass auf Querschnitten senkrechte mit longitudinalen Fasern abwechseln. — Nach Zaglas bildet der Perpendicularis die seitlichen Theile der Markmasse der Zunge; seine Fasern laufen von der Rückenfascia in gleichen Reihen, wie die des Genioglossus, durch die Kortikalmuskeln hindurch. Die queren Platten, welche seine senkrecht herabsteigenden Fasern bilden, werden in dem Maasse nach der Zungenspitze zu breiter, als die des Genioglossus abnehmen. Ihre Wirkung scheint sich auf die Pronuncirung der T-Laute zu beschränken.

Musc. styloglossus, Griffelzungenmuskel. Wir kommen zu den Muskeln, welche von aussen her an die Zunge treten, ohne zu deren Wurzeln zu gehören. Von einigen derselben ist bereits früher die Rede gewesen, nämlich vom M. Glossopharyngeus und Glossopalatin. Es bleibt daher nur noch der Stylogl. übrig. Dieser lange schmale Muskel (Fig. 63. *n*, 69. *c*, 70. *f*) entspringt kurzsehnig von der Spitze und dem vordern Umfange des Processus styloideus, zum Theil auch vom Lig. stylomaxillare, einer platten sehnigen Ausbreitung zwischen dem untern Theile des Griffelfortsatzes und dem hintern Rande des Unterkieferwinkels. Er steigt nun als spindelförmiger, etwas platter Muskelkörper nach unten, vorn und innen, und erreicht oberhalb des Zungenbeins den Zungenrand. Hier wird er oft durch einige vom Zungenbein kommende oder vom Stylohyoideus oder Stylopharyngeus abgehende Bündel verstärkt, legt sich auf den Hyoglossus, mit dem er durch ein festes Zellgewebe, auch

durch übergehende Muskelfasern, eng verbunden ist; verläuft nun längs des Zungenrandes, dessen ganze Höhe er bedeckt, nach vorn, während er mehrere Fascikel nach innen zu schicken scheint. Nach Kölliker theilt er sich an der Zunge in der Regel in 2 Bündel; das hintere kleinere geht zwischen Kerato- und Baseoglossus und zwischen den Fascikeln des letztern gerade nach hinten und dringt zwischen den Lamellen des Lingualis und Genioglossus mit einigen Bündeln bis zum Septum, wo er zugleich mit den etwas höher liegenden Fasern des Transversus sich befestigt. Nach Theile giebt er gar keine Fasern nach innen ab. Die Hauptmasse des Styloglossus verbindet sich vor dem Hyoglossus mit dem Longitudinalis inferior und endet in der Schleimhaut der untern Fläche der Zungenspitze und in dieser selbst, indem zugleich die vordersten Bündel der beiden Muskeln sich bogenförmig vereinigen. — Wirkung. Er hilft die Zunge, namentlich vom Rand aus, heben, was jedoch etwas schräg nach hinten vor sich geht; dabei wird die Basis der Zunge etwas breiter; ferner verkürzt er die Zunge von vorn nach hinten, und wenn er einseitig wirkt, zieht er die Zunge seitwärts nach der Backe hin. Beim Schlingen halten beide Styloglossi die Zunge gegen das zugezogene Gaumensegel angedrückt, während das Zungenbein nach vorn gezogen oder (durch den Bissen) geschoben wird. Sie verhüten hierdurch das vorschnelle Abreissen der Zunge. Es giebt keinen andern Muskel, der diese wichtige (bisher ganz übersehene) Funktion vollziehen könnte. Die Fasern des Glossopalatinus helfen hier etwas mit.

Ein indirekter Hebemuskel der Zunge ist noch anzuführen übrig: es ist der Musc. stylohyoideus (Fig. 63. *o q*, 69. *l*). Er entspringt sehnig von der Basis des Proc. styloideus, oder von der Aussenseite des obern Theils desselben, steigt als spindelförmiger Muskelbauch nach unten, vorn und innen, und befestigt sich, wieder sehnig werdend, über der Insertion des früher beschriebenen Omohyoideus am Zungenbeinkörper, in der Nähe des Abgangs des grossen Hornes. Unten hat sein Muskelbauch in der Regel einen Schlitz, durch den die Sehne des Digastricus maxillae inferioris hindurchtritt. Sein unteres Ende hängt mit der sehnigen Ausbreitung, die vom vordern Schenkel des letzteren Muskels zum Zungenbein geht, zusammen. Er hebt das Zungenbein sammt der daran hängenden hintern Zungenwurzel nach oben und etwas nach hinten, wodurch zugleich der Isthmus faucium verengt wird. — Begleitet wird dieser Muskel gewöhnlich vom Ligam. stylohyoideum (Fig. 69. *k*, 71. *e*), doch so, dass gegen die Zunge hin der Musc. hyoglossus sich dazwischen legt, das Band also zwischen Musc. glosso- et keratopharyngeus und Musc. hyoglossus zu liegen kommt. Der sogen. Musc. stylohyoideus alter scheint mit diesem Bande identisch zu sein. Dieses zwischen Spitze des Proc. styloideus und der des kleinen Zungenbeinhorns ausgespannte, elastische, oben und unten etwa $1/2$ bis $3/4'''$ dicke, in der Mitte etwas dünnere Band erleichtert durch seine Elasticität die Verkürzung des Musc. stylohyoideus, verhütet die zu starke Vor- und Abwärtsbewegung des Zungenbeins, und erschwert den Niederziehern desselben ihr Geschäft.

Soviel über die Muskulatur der Zunge. Wir sehen aus der gegebenen Beschreibung, dass das eigentliche Zungenfleisch wesentlich nur 3 Arten von Muskelfasern besitzt, senkrechte, quere und longitudinale. Erstere stammen von den beiden Genioglossi in der Mitte, vom Longitudinalis inferior und Hyoglossus an den Seiten, an der Spitze auch vom Perpendicularis, und

bilden von der Spitze bis zur Wurzel viel querstehende Lamellen, die fast die Gesammtbreite der beiden Zungenhälften austragen, und deren Fasern im Allgemeinen senkrecht von der untern Fläche bis zur obern sich durchsetzen. Die queren Zungenfasern, vom Transversus und zum Theil vom Styloglossus stammend, schieben sich als ebensoviele, meist dickere Lamellen zwischen die senkrechten ein, beginnen am Septum cartilagineum, und endigen am Seitenrande und zum Theil bogenförmig sich erhebend an der Oberfläche der Zunge. Die Longitudinalfasern gehören dem Longitud. superior und zum Theil dem Styloglossus an, bedecken die obere submuköse Fläche, den Rand und zum Theil die untere Fläche der Zunge, und liegen durchaus oberflächlich. Uebrigens erinnert die ganze Disposition der Muskulatur der Zunge sehr an die der vegetativen Organe, und selbst behufs rein animaler, phonischer Leistungen ist diese Disposition oft von ganz eigenthümlicher Wirksamkeit.

Fettzellen liegen besonders zwischen den Genioglossi, am Septum, an der Zungenwurzel und unter der Schleimhaut. Doch ist ihre Zahl und Grösse nach der Konstitution sehr verschieden. De Courcelles hat auf seiner 8. Tafel einen förmlichen zwischen der vordern Insertion des Genioglossus und der Art. ranina liegenden Fettstreif als zur Norm gehörig abgebildet.

Ueber die Schleimhaut der Zunge haben wir wenig zu sagen. Für unsern Zweck hat höchstens die verschiedenartige Trockenheit und Rauhigkeit dieses Ueberzuges einiges Interesse, während die feinere Anatomie völlig bedeutungslos für die Phonik sein dürfte. — Ebenso kurz können wir über die Gefässe und Nerven dieses Organs hinweggehen. Sie dringen zumeist von unten in die Muskulatur der Zunge ein: die Hauptstämme derselben findet man zwischen Genioglossus und Longitudinalis inferior. S. z. B. Fig. 70. *n*. Was sonst darüber zu sagen ist, wird passender bei den Sprachfehlern nachgetragen werden.

Die normalen Bewegungen der ganzen Zunge sind etwa folgendermaassen zu bestimmen und aufzufassen.

1) Zustand der Indifferenz bei geschlossenem Munde, normaler myotonischer Zustand der Zunge. Das Organ hat hier sein grösstes physiologisches Volumen, ist weich und lax, die Wölbung des Zungenrückens entspricht der der gesammten Gaumenwölbung, die Zunge füllt die Mundhöhle aus. Das Zungenbein hat seine mittlere Lage, wird von sämmtlichen daran befestigten Muskeln gleichförmig angezogen, steht aber, mit Rücksicht auf die möglichen Differenzzustände weiter nach hinten, als nach vorn, und mehr tief als hoch, aus rein mechanischen Gründen. Der Musc. hyopharyngeus ist mässig kontrahirt, wie alle vegetativen oder Ringmuskeln, wenn sie nichts zu leisten haben, noch mehr die tiefer liegenden Muskeln des Fangrohrs: das Zungenbein steht daher ziemlich weit hinten. Der Hyo- und Genioglossus, sowie der Transversus stehen sämmtlich ruhig, mit erschlafften Fasern, und erhalten dadurch die hohe Zungenwölbung und die volle Breite der Zunge. Die Längsmuskeln liegen gleichfalls erschlafft, beziehendlich gekrümmt, ohne einander zu opponiren. Der Styloglossus, Glossopharyngeus, Palatoglossus sind dagegen in ihrem tonisch- d. h. freiwillig kontrahirten Zustande, und halten die Zunge in mittlerer Höhe aufgehängt und nach hinten gezogen. Das Athemhohlen geht durch den Isthmus faucium hinter dem Gaumensegel, dessen Pfeiler dabei an den Seitenwänden des

Fangrohrs stehen und von einander ziemlich divergiren, vor sich; die Epiglottis ist bei der Inspiration aufgerichtet, die Valleculae sehr beengt.

2) Alles das ändert sich sofort, sobald der Mund geöffnet wird. Es tritt jetzt eine Luftsäule zwischen Gaumen und Zunge, wodurch letztere schon eine Kompression erleidet. Das Zungenbein rückt hierdurch und durch das Senken des Unterkiefers herab, der Isthmus oris wird frei und durchgängig; die Zunge liegt noch ruhig auf dem Boden der Mundhöhle, hat aber an Volumen etwas verloren.

3) Die eigentlichen selbstständigen Bewegungen der Zunge sind im Allgemeinen dreierlei.

a. Lageveränderungen der ganzen Zunge, ohne Rücksicht auf innere Bewegungen in derselben: Hebung, Senkung, Vorwärts- und Rückwärtsschiebung. — Hebung: Musc. stylohyoideus, Digastricus maxill., Hyo- et Glossopharyngeus, Mylohyoideus, Styloglossus, Glossopalatinus. — Senkung: Sternohyoideus, Hyothyreoideus, Omohyoideus, (Hyoglossus). — Vorwärtsschiebung: Geniohyoideus, Genioglossus, Mylohyoideus, Digastricus (portio anterior). — Rückwärtsschiebung: Hyopharyngeus, Omohyoideus, Stylohyoideus, Digastricus (portio posterior) und die übrigen Hebemuskeln mit Ausnahme des Mylohyoideus. Ueber diese einzelnen Bewegungsakte brauchen wir, da dieselben bei den angeführten Muskeln schon erörtert worden sind, nicht ausführlich zu sein. Wir bemerken nur noch, dass das Zungenbein nebst daran hängender Zunge von vorn nach hinten einen Spielraum von etwas 6—7‴ hat, und von oben nach unten mindestens 1½″, wonach sich die zahlreichen Mittelstellungen und Bewegungen leicht vorstellen lassen.

b. Bewegungen an und in der Zunge selbst, ohne Rücksicht auf Verschiebung des Zungenbeins oder auf einen gewissen Zielpunkt: Verlängerung, Vorstreckung; Verkürzung, Rückwärtsziehung; Hebung einzelner Theile, Senkung, Krümmung, Seitwärtsbewegung in verschiedenen Modifikationen. — Die Verlängerung der Zunge wird durch die Transversalfasern bewirkt, natürlich auf Kosten der Breite, und fällt daher nothwendig mit der Verschmälerung des Organs zusammen. Bei diesem Vorgange sieht man namentlich am vordern Theile der Zunge deutlich, wie die Querfasern den Rand der Zunge nach innen ziehen, die Schleimhaut an den angezogenen Stellen runzeln, und dabei das ganze Organ verlängern. Soll dabei die Vorstreckung der Zunge, die allerdings durch die blosse Verlängerung schon in einigem Maasse nothwendig wird, da die Zunge bei Geradlage keinen Platz mehr in der geschlossenen Mundhöhle hat, weiter getrieben werden, so ist Verschiebung der Zungenwurzeln, also Mitwirkung des Geniohyoideus und Genioglossus erforderlich. Gewöhnlich wird beim Herausstrecken der Zunge ihre Spitze nach unten, gegen die Unterlippe gebogen: dies geschieht durch gleichzeitige Kontraktion des Longitudinalis inferior und der vordern Bündel des Genioglossus. Natürlich kann diese Kontraktion nur bis zu einer gewissen Grenze gehen. — Die Verkürzung der Zunge kann nur vor sich gehen, wenn gleichzeitig der Rücken derselben sich in der Mitte mehr wölbt, da ein Breiterwerden über die Normalgrenzen wegen der Beschränktheit der Mundhöhle nur in sehr geringem Maasse möglich ist. Die Zungenspitze rückt dabei etwa ½″ von den untern Schneidezähnen zurück. Thätig sind hier die Längenfasern der Zunge, die Styloglossi, sowie die vordern Bündel der Genioglossi. Das Zungenbein

kann dabei verschiedene Stellungen einnehmen. Beim Vokal A und O ist die Verkürzung der Zunge am deutlichsten wahrzunehmen. Bedeutendere Grade der Rückwärtsziehung sind immer mit **Hebung** der hintern Zungenwurzel verbunden, welche wiederum ohne gleichzeitige Hebung des Zungenbeins nicht auszuführen ist. Beispiel dafür K, G dur, Ch, R palat., Ng. Zur Hebung der vordern Partie der Zunge ist ein merkliches Aufwärtsziehen des Zungenbeins nicht nöthig, ja es ist sogar unmöglich, da es keinen Muskel giebt, der diesen Knochen direkt nach aufwärts zöge. Wirksam beim Heben der Zungenspitze sind die obern Längsfasern unter Beihülfe der Styloglossi, so wie, wenn eine Verkürzung der Zunge verhütet werden soll, der Querfasern der Zunge. Letzteres findet namentlich bei den T-Lauten statt; ausserdem wird die Zunge zur Pronuncirung von N, L, I, E, G, S in verschiedenen Graden gehoben, wie wir später genauer untersuchen wollen. — Eine **Senkung** der Zunge unter die bei reiner Intonirung des A stattfindende Lage findet nicht statt: jede Senkung ist daher nur eine voll- oder unvollkommnere Rückkehr zur normalen Tieflage der Zunge. — **Umgekrümmt** nach unten wird die Zungenspitze nur behufs der Konsonanten T und D. Wir sprechen von diesem Vorgange passender im nächsten Abschnitte. — **Seitwärtsbewegungen** kommen bei den normalen phonischen Vorgängen nicht vor: ausgeführt werden dieselben durch einseitige Kontraktion des Styloglossus und der Longitudinales, wogegen der Transversus und die Zungenwurzelmuskeln für gewöhnlich nur beiderseits thätig zu sein scheinen.

c. **Bewegungen einzelner Zungentheile gegen gewisse Zielpunkte**: Druckwirkungen der Zunge. Sie treten zunächst bei den hintern Konsonanten und Explosivlauten in Kraft, so wie beim Schlingen. Diese Bewegungen sind im Allgemeinen aus zwei physiologischen Vorgängen zusammengesetzt: aus einer im Parenchym der Zunge vor sich gehenden Verdichtung eines Theils derselben, und aus einer Bewegung dieses verdichteten Theils gegen einen harten oder gespannten Körper. Wir haben hier einen Fall vor uns, wo die nach Art vegetativer Organe konstruirte Muskulatur der Zunge zu gewissen animalen, ja superanimalen Verrichtungen gerade das geeignete Hülfsmittel liefern muss. Jede einzelne Längs-, Quer- oder senkrechte Faser des eigentlichen Zungenkörpers vermag sich von ihren Nebenfasern isolirt zusammenzuziehen. Man kann ferner sagen, dass an jedem Punkte der Zungenmasse drei solche Fasern, von jeder Art eine, zusammengehören und so mit einander verbunden sind, dass sie durch einen Nervenimpuls zusammen wirken können. Geschieht letzteres an einer etwas grössern Stelle des Zungenfleisches, z. B. unter der Mitte des Zungenrückens so wird durch diese nach allen 3 Dimensionen gehende Kontraktion die betroffene Stelle hart, und zugleich wegen der dabei stattfindenden Verdickung der Fasern etwas erhaben, ebenso wie in Folge von sogen. Krampf ein beliebiges Stück Darm oder Magen, aber nur nach 2 Dimensionen verdichtet wird. Wird nun diese hart gewordene Stelle gegen einen andern, an sich schon harten Körper hingezogen, wozu eine von der eben erwähnten total verschiedene, rein animale Muskelthätigkeit, welche ausserhalb der verdichteten Stelle der Zunge zu suchen ist, erfordert wird, so geht daraus eine Druckwirkung hervor, wie sie im übrigen menschlichen Körper in ähnlicher Weise nur noch an den Lippen, einigermaassen auch am Herzen vorkommt. Diese örtlichen Druckwirkungen finden zu sprachlich-artikulatorischen

Zwecken am hinteren und oberen, am meisten konvexen Theile und an der Spitze der Zunge statt; sie sind im Normalzustande nur momentan, rasch vorübergehend, und nur beim Stottern anhaltend.

3) Aussenorgane der Mundhöhle. Vorhof derselben. Backen. Lippen. Mundöffnung.

Die Mundhöhle im weitern Sinne wird durch die geschlossenen Zahnreihen in einen vordern und hintern Abschnitt getrennt. Von letzterem haben wir bereits umständlicher gesprochen. Der vordere Abschnitt der Mundhöhle heisst auch der Vorhof derselben, Vestibulum oris, liegt vor und ausserhalb der Zähne und des Zahnfleisches, und wird von den Backen und Lippen gebildet, welche letztere die Mundspalte oder, von einander entfernt, die Mundöffnung zwischen sich lassen. S. Fig. 59.

Von den Zähnen in anatomischer Hinsicht zu sprechen, dürfte für unsern Zweck überflüssig sein: ihre akustische Bedeutung werden wir später kennen lernen.

Der Vorhof der Mundhöhle wird bei geschlossenen Kinnladen hinten und innen begrenzt durch die Zähne und das Zahnfleisch, nach aussen und vorn durch die innere Wand der Backen und Lippen. In Indifferenzzustande bei geschlossenem Munde berühren die Backen- und Lippenwand die Zähne und das Zahnfleisch, und es ist kein Raum zwischen diesen beiden Wandungen vorhanden. Sobald aber die Kiefer von einander entfernt werden, und die Mundhöhle bei noch geschlossenem Munde voll Luft geblasen wird, weichen jene beiden Wandungen von einander, und es bildet sich hinten und seitlich von den Backenzähnen und deren Zahnfleische die Backenhöhle, und vorn hinter den vorgetriebenen Lippen die Lippenhöhle oder der Lippentheil des Vorhofs der Mundhöhle. Letztere ist auch bei manchen sprachlichen Vorgängen bei geöffnetem Munde vorhanden.

Die Backenhöhle ist bei mässig geöffnetem Munde etwa 2" hoch, und $1^1/_2$" tief, die Breite richtet sich je nach der Ausweitung, dürfte jedoch auch beim angestrengtesten Blasen nicht über $^1/_2$ bis $^3/_4$" betragen. Sie endigt hinten nach aussen von der Plica spheno-maxillaris blind, reicht von da nach oben und unten bis etwa zur Basis des Alveolarrandes der Kieferknochen, wo die Schleimhaut, mit der sie bekleidet ist, gegen das Zahnfleisch umschlägt, und reicht vorn bis zum Mundwinkel, welcher in der Regel dem Eckzahne des Unterkiefers gegenüber liegt. Nach hinten stösst diese Höhle ausser jener Falte an die Kaumuskeln, nach oben an den Zygomaticus major und Levator anguli oris, nach unten an den Latissimus colli und Depressor anguli oris. S. Fig. 73. Die Kontraktilität und Beweglichkeit erhält die Wandung der Backenhöhle durch den Musc. Buccinator, den Backen- oder Trompetermuskel, welcher dieselbe allenthalben (unter der Mucosa) umgiebt. Dieser platte, quer durch die Backenhöhlenwand verlaufende Muskel entspringt hauptsächlich vom Ligamentum intermaxillare, wo ein Theil seiner Fasern, wie wir bereits wissen, in den Musc. bucco-pharyngeus übergeht. Nach oben entspringt der Buccinator ferner von der Spitze des Hakens des Proc. pterygoideus (Fig. 66. *b*) und von der Aussenfläche des Zahnfortsatzes des Oberkiefers bis zum 2. Backenzahne hin (Fig. 72. *l'*) oder bis unterhalb des Anfangs des Levator anguli oris. Nach Theile entspringen vor dem letzten Backenzahne des Unterkiefers noch mehrere Muskelfasern von der Schleimhaut selbst. Nach unten entspringt er noch auf der

Aussenfläche des Unterkiefers, nach aussen vom letzten Backenzahne ($L\ L''$) Die mittlern Fasern verlaufen quer gegen den Mundwinkel hin, eben dahin die vom Ober- u. Unterkiefer und von der Schleimhaut kommenden Bündel, so dass sich um den Mundwinkel die meisten Fasern des Muskels zusammen-

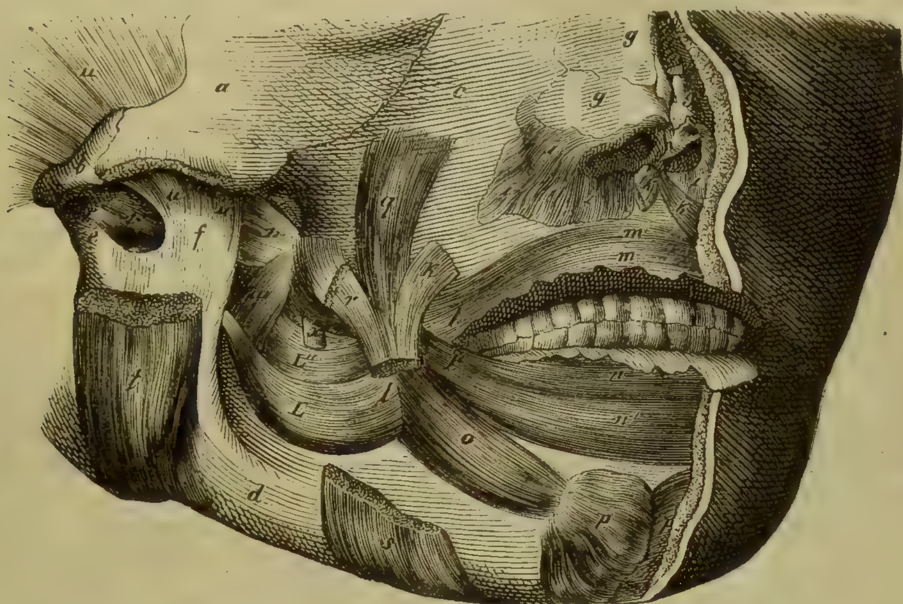


Fig. 72.

drängen. Mehrere Fasern biegen sich gegen den Unterkiefer herab und verlieren sich am äussern Rande des Depressor anguli oris an oder unter der Schleimhaut. Am oder unterhalb des Mundwinkels verliert der zusammengedrängte Muskel seine Selbständigkeit und geht in andere Gesichtsmuskeln über. Nach De Courcelles *), dessen Abbildung wir hier theilweise repetirt haben, findet hier eine Kreuzung statt, so dass die vom Unterkiefer entspringenden Fasern nach der Ober-, die vom Oberkiefer kommenden nach der Unterlippe sich begeben. Nach Theile kreuzen sich nur die mittlern Fasern des Buccinator, von welchen die obern zur Unterlippe, die untern zur Oberlippe gehen sollen, während er die vom obern Rande der Backenhöhle entspringenden Fasern in den Levator anguli oris und in die Oberlippe, die des untern Randes in den Depressor anguli oris und in die Mitte der Unterlippe übergehen lässt (Fig. 72. $l\ l'$). Nach meinen Untersuchungen muss ich De Courcelles im Allgemeinen beistimmen. Wir kommen bei den Lippenmuskeln auf diese Bündel zurück. — Die Mundschleimhaut bedeckt nach innen diese gesammte Muskulatur und liegt besonders hinten sehr fest auf ihr. Nach aussen wird der Buccinator hinten vom Masseter und von einer Fettmasse, in welcher der Ausführungsgang der Ohrspeicheldrüse liegt, um in der Gegend des 3. obern Backenzahns den Buccinator zu durchbohren (x), und vorn vom Latissimus colli und Zygomaticus major theilweise bedeckt. Eine fibröse Fascia (Fascia buccalis), die sich weiter hinten zwischen dem

*) Icones musculorum capitis Tab. III. Derselbe hat auf dieser Tafel noch einen Accessor buccinatoris abgebildet, welcher etwa 1'' lang vom obern äussern Rande des Levator menti nach dem Mundwinkel geht und sich hier mit den übrigen Bündeln vereinigt. S. w. u.

Lig. spheno-maxill. und dem Unterkieferknochen hindurch auf die Seitenwand des Fangrohrs fortsetzt, und hier bis zur Tuba Eustachii und zur Wurzel des Process. styloideus aufsteigt (Fascia buccopharyngea), überzieht zunächst den Muskel von aussen. Auf diese Art erhält das Ansatzrohr erst durch den Buccinator nach vorn seinen Abschluss. — Die Wirkung des Buccinator ist eine ziemlich mannichfache. Sein myotonischer Zweck im Indifferenzzustand ist, dem Ringmuskelapparat des Mundes sich zu associiren, damit der Mund seine spaltförmige Beschaffenheit behaupte und nicht der Willkühr der übrigen Schliessmuskeln anheim falle. Geht die Thätigkeit der mittlern, dabei zunächst betheiligten Bündel des Buccinators darüber hinaus, d. h. kontrahiren sie sich stärker, als jene Ringmuskeln, so wird der Mundwinkel nach aussen und hinten, gleichsam hinter die Backenwölbung gezogen, die Mundspalte und die Lippen werden dabei länger und am Backen entsteht die bekannte absteigende Falte. Die untere Portion allein zieht den Mundwinkel nebst dem anliegenden Theil der Oberlippe herab und bewirkt so den hämischen Ausdruck. Die obere Portion allein zieht den Mundwinkel sammt anstossendem Unterlippentheil rück- und aufwärts, und bewirkt so den Ausdruck des zwar gutmüthigen aber gezwungenen Lächelns, wobei ein Theil des Backens an die obere Zahnreihe gedrückt und er in einen Hügel aufgeschoben wird, vor dem eine kurze, tiefe Furche sich bildet. Wenn der ganze Muskel sich zusammenzieht und der Mund geschlossen ist, so drückt er den ganzen Backen gegen die Zähne und wirkt beim Kauen mit. Beim Blasen, Pfeifen und bisweilen beim Singen, wenn die Mundöffnung sehr verengt und die Mundhöhle voll Luft genommen ist, wirkt er als Expulsor der Luft, indem er die Kontraktilität der Backenwand, die hier als Windkessel wirkt, unterstützt. Endlich wirkt er bei einigen sprachlichen Vorgängen, indem er die Backen gegen den offenen Zwischenraum der beiden Zahnreihen zieht, und das Entweichen der Luft durch denselben verhindert. So beim Ä, T u. s. w.

Der Lippentheil des Vorhofs des Mundes, Vorhof im engern Sinne, ist der viereckige zwischen den Eck- und Schneidezähnen beider Kiefer nebst dem dazu gehörigen Zahnfleische und den Lippen begrenzte Spalt, der beim Oeffnen des Mundes in 2 Spalte oder Furchen, eine obere und eine untere zerfällt, und nach hinten und seitwärts in die Backenhöhle ohne Unterbrechung übergeht.

Bevor wir jedoch zu dem eigentlichen Mundorgan selbst übergehen, müssen wir den Mechanismus des Oeffnens und Schliessens des Mundes, so weit er durch die verschiedene Stellung der beiden Kieferknochen zu einander bewirkt wird, kennen lernen.

Entfernt werden beide Knochen oder die beiden Kinnladen von einander besonders durch den M. biventer s. digastricus maxillae inferioris, den zweibäuchigen Unterkiefermuskel (Fig. 62. 73). Dieser Muskel lässt sich mit einem Winkelhebel vergleichen, dessen Winkel im oder am äussern Ende des Körpers des Zungenbeins liegt, dessen vorderer Schenkel (vorderer Bauch) dagegen (platt und zum Theil sehnig) gegen die innere Lippe des Unterkieferrandes sich begiebt, wo er sich in einer Länge von etwa $^3/_4$ Zoll neben der Kinnerhabenheit, gerade dem Depressor anguli oris gegenüber, anheftet, während der hintere Schenkel oder Bauch des Muskels, anfangs und gegen das Ende hin platt und breit, in der Mitte rundlich, zum Zitzeneinschnitt des Schläfebeins geht (Fig. 59. *q*). Beide Bäuche sind durch

eine mittlere Sehne (Fig. 62. *e*, 73 *e*) mit einander verbunden, welche den untern Theil des Musc. stylohyoideus (62. *g*, 73. *c*) durchsetzt, und mit welcher eine ziemlich 1'' breite sehnige Platte (73. *f*—*h*) in Verbindung steht,

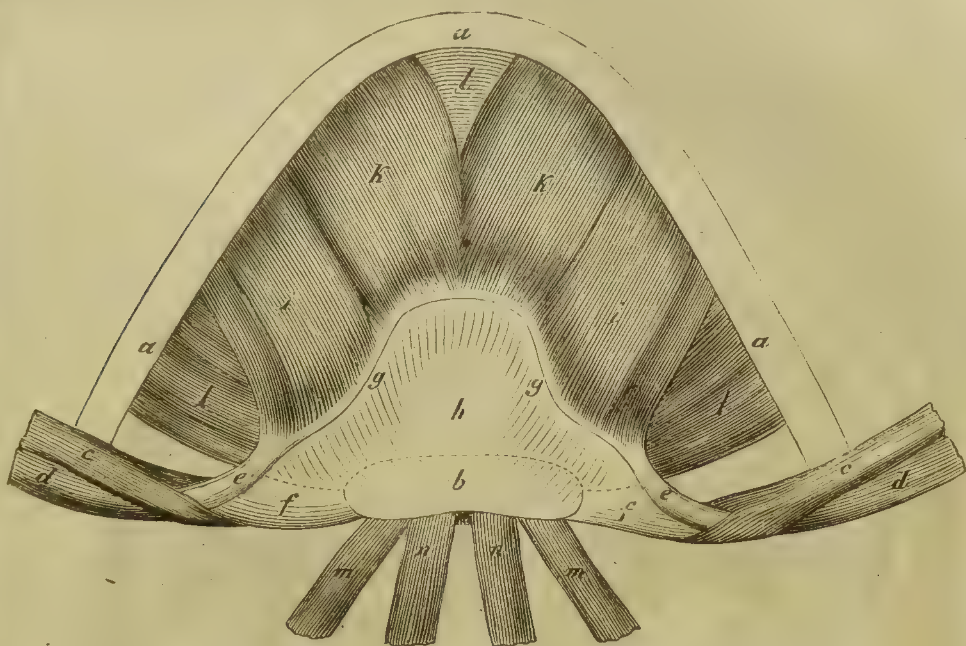


Fig. 73.

die eben den ganzen Muskel theilt, und die Insertion desselben an der vordern Fläche des Zungenbeinkörpers (*b*) vermittelt. Die vordere Abtheilung desselben liegt gerade unter dem Musc. mylohyoideus (73. *l l*), mit welchem er oft mittels der genannten Sehne zusammenhängt; die hintere Abtheilung stösst an den Musc. hyoglossus (62. *h i*) und die vom Griffelfortsatz kommenden Muskeln. Von den zahlreichen Varietäten, die dieser Muskel darbietet, wollen wir wenigstens die nicht seltene, auf Fig. 73. dargestellte, betrachten. Hier stellt die vordere Portion des Digastricus eine breite, bis zur Mittellinie reichende, hier mit der der andern Seite zusammenstossende Platte (*ii kk*) vor. Seine, bisher nicht ganz richtig aufgefasste Wirkung besteht darin, dass er gleichzeitig das Zungenbein nach hinten zieht, dadurch vom Unterkiefer entfernt (in welcher Arbeit er vom Musc. stylohyoideus unterstützt wird), und bei gleichzeitiger Mitwirkung der Herabzieher (M. sterno- et omohyoideus) des Zungenbeins (*n m*) in eine fixirte Lage bringt, bei welcher nun der vordere Bauch des Muskels durch seine Verkürzung den Unterkiefer herabziehen muss. Theile's Ansicht, dass der Muskel auch dann noch kräftig auf Oeffnung des Mundes hinwirken könne, wenn der Kopf gegen die Brust geneigt wird, so dass das Zungenbein „über eine Linie liegt, welche die Befestigung beider Bäuche des Digastricus verbinde", ist deshalb nicht ganz richtig, weil, wenn in dieser Lage der Theile die Kiefer ausgiebig von einander entfernt werden sollen, der Kopf wieder nach hinten gezogen werden muss, wozu noch andere Muskeln nöthig sind. Ausser der Eröffnung des Mundes vermag der vordere Bauch des Digastricus bei fixirtem Unterkiefer das Zungenbein gegen das Kinn zu ziehen, wobei der Kehlkopf gleichfalls dieselbe Bewegung macht, zumal wenn die (hier sehr ergiebige) Mitwir

kung des Musc. hyothyreoideus dazutritt. — Bei kräftiger Kontraktion des Muskels bildet sich beiderseits eine stark hervorspringende Falte, die sich vom Kinn gegen die Seitenwand des Kehlkopfs hinzieht.

Ausser dem Digastricus trägt auch die Verkürzung des Geniohyoideus und Mylohyoideus zur Herabziehung des Unterkiefers bei, wenn gleichzeitig das Zungenbein nebst Kehlkopf durch die hierzu vorhandenen Muskeln herabgezogen wird. Aus diesem Grunde stehen auch diese Muskeln durch eine sehnige Ausbreitung mit Vorigem in Verbindung

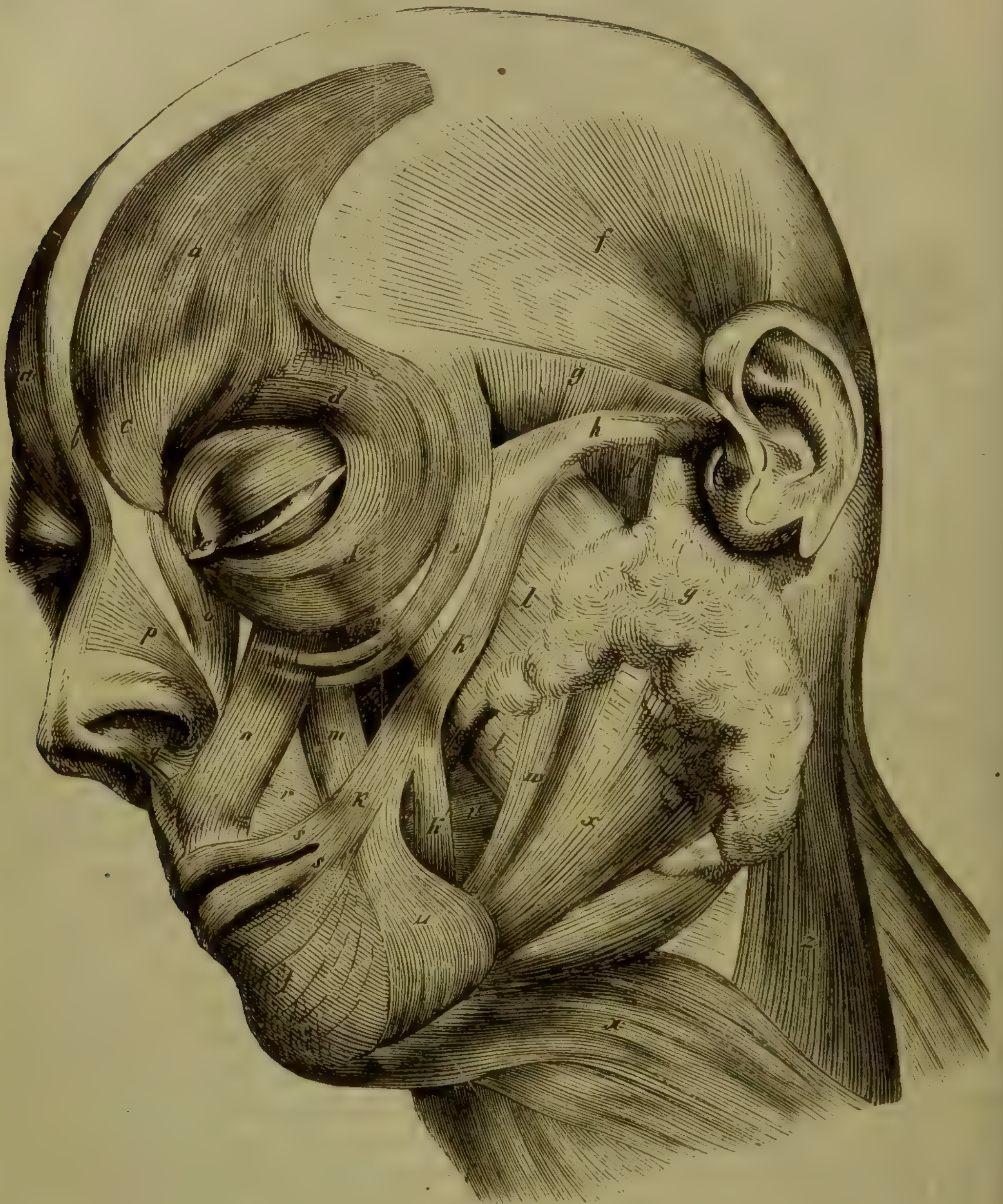


Fig. 74.

Genähert werden beide Kiefer einander durch die sogenannten Kaumuskeln, welche Benennung deshalb eine einseitige ist, weil sie ausser dem Kauen bei allen Vorgängen thätig sein müssen, bei welchen der vorher geöffnete Mund verengt oder geschlossen werden soll. Namentlich ist für

unsern Zweck diese Benennung ganz unpassend. Diese Adductores maxillae inferioris, wie wir sie lieber benennen wollen, sind, ausser den schon früher erwähnten Hülfsmuskeln (Mylopharyngeus, Buccinator) folgende vier.

M. Masseter, Kaumuskel in specie (Fig. 72. *t*, 74. *l*), ein kurzer, dicker, länglich vierseitiger Muskel, vom untern Rand des Jochbogens und Jochbeins bis zum Oberkiefer hin und selbst noch vom Jochbeinfortsatz des letztern entspringend und sich an die ganze äussere Fläche des aufsteigenden Unterkieferastes, vom Winkel an bis zur Basis des Kronenfortsatzes anheftend. Er liegt unmittelbar auf dem Unterkiefer, den er wie einen Hebel gegen den Oberkiefer bewegt.

M. temporalis, Schläfemuskel (Fig. 72. *u*, 74. *g*), ein austerschalenförmiger Muskel, mit seinem breiten, von einer halbcirkulären Linie kontourirten obern Ende von der ganzen innern Wand der Schläfengrube entspringend, und nach abwärts konvergirend sich gegen den Kronenfortsatz des Unterkiefers begebend, an welchem er sich mit einer starken breiten Sehne anheftet. Durch den Zug, den der Muskel bei seiner Verkürzung auf den Unterkiefer ausübt, wird der Mund ebenso gut geschlossen wie bei der Wirkung des vorigen Muskels.

M. pterygoideus internus, innerer Flügelmuskel (Fig. 65. *h*, 66. *l*, 72. *w*). Er entspringt in der ganzen Länge der Flügelgrube (57. *s*) von beiden Blättern des Flügelfortsatzes des Keilbeins, ferner vom Pyramidenfortsatze des Gaumenbeins und wohl auch noch vom Oberkiefer; verläuft nach unten, aussen und etwas nach hinten gegen die innere Fläche des aufsteigenden Unterkieferastes, an die er sich anheftet Seine innere Fläche grenzt an den Circumflexus palati mollis und den Constrictor pharyngis superior; auch stösst er an die Mm. styloidei.

M. pterygoideus externus, äusserer Flügelmuskel (Fig. 65. *p*, 72. *v*), kleiner als voriger, fast horizontal zwischen dem grossen Keilbeinflügel, der Aussenfläche des äussern Flügels des Keilbeins, dem Pyramidenfortsatz des Oberkiefers einerseits und dem hintern Ende des Zahnfortsatzes des Oberkiefers andrerseits gelegen, also zwischen den beiden vorigen Muskeln. Er zieht den Unterkiefer nach vorn und schiebt ihn etwas nach der andern Seite hinüber.

Die Lippen und deren Hülfsorgane.

So wie alle grösseren Oeffnungen, an welchen sich die äussere Haut in das Innere umschlägt, mit wulstförmigen, durch stärkeren Haarwuchs vor äussern Beleidigungen geschützten, drüsenreichen Klappen oder Falten versehen sind, durch welche sie geschlossen oder geöffnet werden können, so ist der Mund, als Oeffnung des Ansatzrohrs des Stimmorgans, sowie als Eingang zum Speise- und Verdauungskanal mit den Lippen, zunächst als Schutz- und Schliessorganen, vorgerüstet worden. Sie sind als Fortsätze der Backenwände zu betrachten, die sich vorhang- oder klappenartig vom Zahnzellenfortsatze der Kieferknochen etwa in der Gegend, welche den Enden der Zahnwurzeln entspricht, erheben, um die Zähne zu bedecken und durch ihren aufgeworfenen freien, rothen Rand die quere Mundspalte oder den Mund mit ihren zwei etwas vertieften Winkeln zu bilden und zu schliessen.

Auf Figur 75. deuten die langen Linien *a*—*b* und *c*—*d* die Stellen an, wo die Lippen an die Kiefer angewachsen sind, die kurzen Linien *e* und *e'* bezeichnen die Stellen, wo die Backenhaut beim Ausstülpen der Lippen ein- und vorwärts gezogen wird. Man unterscheide demnach zuerst die von der

innern und äussern Haut gebildete Lippenplatte, die Lippenpfeiler, sodann den Lippenwulst, Lippenrand, die Lippe im engern Sinne, Prolabium. Die innere Hautplatte der Lippe ist die vom Zahnfleisch aus umgestülpte Schleimhaut der Mundhöhle: durch sie hängt die Lippe fest am Kieferknochen. Der Abstand dieser Insertionsstelle der Lippe von der Mundspalte beträgt oben etwa 8, unten etwa 7‴, so dass das ganze Lippensystem eine Höhe von etwa 14—15‴ hat. Die Oberlippe ist etwas länger und steht etwas mehr vor, als die Unterlippe. Ueberhaupt ist an den Lippen die Symmetrie nicht oben und unten, sondern, wie sonst im ganzen übrigen Körper, auf beiden Seiten zu suchen. Ferner ist an der Oberlippe der rothe Wulst schärfer von dem behaarten Theile derselben abgetrennt, als an der Unterlippe, deren Prolabium gewölbter und mehr nach aussen umgeworfen oder umgerollt erscheint. Sodann unterscheidet sich die Oberlippe von der Unterlippe in ihrer äussern Fläche durch die Mittelfurche, Lippenrinne (Filtrum; 75. *f*), welche von der häutigen Nasenscheidewand an sanft gebogen und ausgehöhlt bis an die Demarkationslinie des Prolabium's reicht, wo sie sich seitwärts verflacht. An der innern, dem Zahnfleisch zugekehrten Fläche der Oberlippe zieht sich senkrecht in der Mittellinie nach oben gegen das Zahnfleisch umbeugend eine halbmondförmige Schleimhautfalte, das Oberlippenbändchen (Frenulum labii superioris), welches die Oberlippe gegen die mittelste Zahnzelle angezogen erhält. Auch an der Unterlippe ist in der Regel in der Mittellinie des Körpers ein solches Lippenbändchen wahrzunehmen, dem sich zuweilen zu beiden Seiten noch eins beigesellt. Die Oberlippe lässt sich endlich in drei ziemlich gleichlange Stücke eintheilen, ein mittleres, und zwei seitliche. Die Grenzen derselben bilden die Falten, welche bei kontrahirtem Munde sich bilden, und nach oben und aussen verlaufen. Der mittlere Theil der Oberlippe springt da, wo er die Unterlippe berührt, etwas nach unten vor: diesem Vorsprung entspricht eine sattelförmige Vertiefung der Unterlippe. An dieser lässt sich eine solche Dreitheilung nicht nachweisen. Die Oberlippe wird von dem Nasenflügel und dem Backen durch die seitlich vom Nasenflügel beginnende und nach dem Mundwinkel zu laufende Gesichtsfalte, und die Unterlippe vom Kinn durch eine tiefe Querfurche, die Kinn-Lippenfurche (Fig. 75. *g*), abgegrenzt. Von einigen andern Gesichtsfalten sprechen wir noch später.

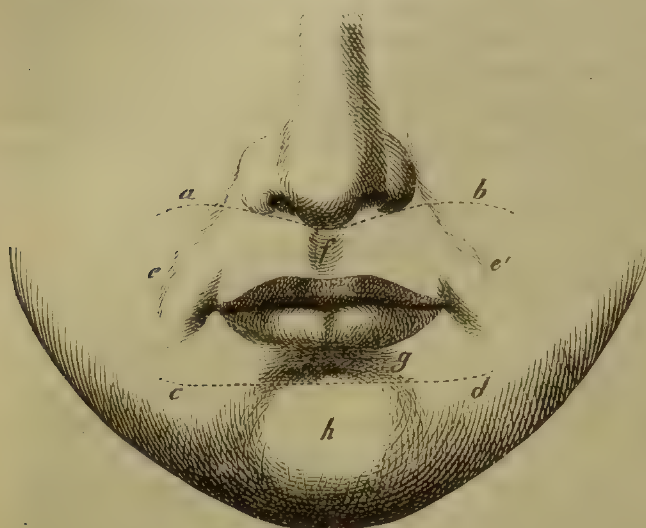


Fig. 75.

Das Kinn, dessen wir aus physiologischen Gründen hier gleichfalls gedenken müssen, ist eine ziemlich runde oder ein Kugelsegment darstellende, von ebenerwähnter Furche und dem untern Rande des Unterkiefers begrenzte, durch eine drüsige Fettmasse, so wie durch einen dicken Muskel erzeugte Erhabenheit auf dem Kinnhöcker des Unterkiefers. Man unterscheide aber

das Kinn des Gesichts vom Kinntheile des letztern Knochens, der ebenso wohl seine innere, wie seine äussere Seite hat, und bereits einigemale von uns in solchen abweichenden Beziehungen erwähnt worden ist.

Ihrem Gewebe nach bestehen die Lippen aus der äussern Haut, die beim Manne von zahlreichen, starken Barthaaren bewachsen ist. Diese Haut hängt, abweichend von den meisten übrigen Körperstellen, eng mit der darunter liegenden, sehr komplicirten, mit Fett durchwachsenen Muskelschicht zusammen, deren Bestandtheile wir bald ausführlicher erforschen wollen; worauf eine Lage rundlicher Schleimdrüsen folgt, die man von der innern Fläche der Lippen aus schon in Form von Körnern fühlen kann. Innerlich endlich befindet sich die mit einem Epithelium versehene Schleimhaut und Lederhaut, die um so feuchter und zarter werden, je mehr man sich vom Lippenrande nach innen entfernt.

Die rothen Theile der Lippen sind, wie bei zahlreichen Vorgängen an denselben nicht verkannt werden kann, einer Erektion fähig, d. h. ihre Kapillargefässe sind so vorgerichtet, dass sie auf gegebene, besondere psychische Reize eine grössere Menge Blutes aufnehmen und eine Zeit lang, so lange der Eindruck dauert, zurückhalten können. Dabei erhöht sich die Temperatur der Lippen, und sie vermögen gegeneinander einen stärkeren Druck auszuüben.

Die Länge der Mundspalte beträgt bei einem wohlproportionirtem, geschlossenem Munde etwa $1\frac{1}{2}''$, also ungefähr so viel, als die Zunge in der Mitte breit ist. Bei Frauen etwas weniger. Von den unendlichen Varietäten, welche die Lippen zeigen, können wir für unsern Zweck nur einige wenige hervorheben.

Grosse, starkgewulstete Lippen verbinden sich meist mit einer geräumigen Mundhöhle, guten Zähnen und guter Verdauung. Stark hervorragende Oberlippe soll skrophulöse Anlage oder Anwesenheit von Unterleibskrankheiten anzeigen. Feingebildete nach den Mundwinkeln scharf sich zuspitzende Lippen zeigen Bildung und Talent zum Kunstgesang an. Zu kurze, die Zähne nur nothdürftig deckende Lippen, die beim Oeffnen des Mundes sofort über die vollen Zähne sich zurückziehen, sind unschön, erlauben keine deutliche Aussprache der Lippensprachlaute, und machen die Stimme schrillend. Zu harte oder fleischige Lippen machen dagegen die Aussprache derselben Buchstaben zu prall oder können sogar zu Sprachfehlern (Stottern) Anlass geben.

Muskeln der Lippen.

Dieser Theil der Muskellehre ist mindestens ebenso schwierig, als die Myologie des Kehlkopfes oder der Zunge, und erfordert durchaus eine neue Bearbeitung, da das bisher auf diesem Gebiete Geleistete noch viele Lücken, Mängel und selbst entschiedene Irrthümer darbietet.

Fast alle Gesichtsmuskeln sind bei der Bewegung der Lippen, bei den Veränderungen der Mundöffnung mehr oder weniger betheiligt. Mit Ausnahme des Ringmuskels der Augenlieder und einiger Nasenmuskeln nehmen alle Gesichtsmuskeln ihre Richtung gegen die Lippen, oder haben irgend einen Einfluss auf deren Bewegung. Von den Muskeln, welche den Unterkiefer vom Oberkiefer abziehen und gegen letztern anziehen, welche also zur Oeffnung und Schliessung des Mundes mittelbar beitragen, brauchen wir nicht weiter zu sprechen; von dem Backenmuskel, der mit den Lippen in

zweifacher Verbindung steht, haben wir auch bereits gesprochen, es bleiben uns daher nur noch eine auf 14—15 zu beschränkende*) Anzahl von Lippen- oder Mundmuskeln zu beschreiben übrig. Von diesen Muskeln gehören nur ein Paar den Lippen ausschliesslich an, die übrigen treten von aussen zu ihnen, und finden nur ihre Insertion an denselben.

Was die bisherigen Leistungen auf diesem Gebiete anlangt, so haben wir es hier mit anatomischen Ontologien zu thun, wie sie in der Natur, am lebenden Individuum wohl nimmer vorkommen, mit einem Komplex oder einer Association von verschiedenen Muskelfaserpartien, von denen bald die einen bald die andern zu einem bestimmten Zwecke kooperiren. Untersuchungen am Kadaver, besonders an solchen Kadavern, deren Individualitäten man während des Lebens in mimologischer Hinsicht nicht gekannt hat, können hier nur wenig Aufschluss geben. Die mimischen Muskeln müssen vor Allem am Lebenden, vor dem Spiegel, an verschiedenen Individuen studirt werden. Die Gesichtsmuskeln sind diejenigen, deren isolirter Gebrauch am spätesten gelernt wird, und deren möglichst vollkommene funktionelle Isolirung eben die Aufgabe der mimischen Kunst ist: von Natur vermag kein Individuum die einzelnen Gesichtsmuskeln nach Willkühr zu gebrauchen. Von unserem Standpunkte aus müssen wir allerdings theoretisch soviel Gesichtsmuskeln annehmen, als isolirte Gesichtsbewegungen überhaupt möglich sind: aber kein Individuum vermag dieselben Alle nach Willkühr, jede für sich, hervorzurufen; bei keinem Individuum sind daher sämmtliche Gesichtsmuskeln gleich stark entwickelt, da nur durch Uebung die selbständige Entwickelung eines Muskels bewirkt wird; es muss daher die Anatomie der Gesichtsmuskeln immer an mehrern Lebenden physiologisch oder mimisch studirt werden, während die Untersuchungen am Kadaver fast nur einseitige Anschauung der Muskelmassen, und zuweilen nicht einmal diese verschafft. Denn die meisten Gesichtsmuskeln, zunächst sämmtliche mimische Muskeln, sind ganz oder zum Theil Hautmuskeln, d. h. sie haben ihre Insertion in der Haut, während ihr Ursprung bald ein fester, bald ein gleichfalls weicher Punkt sein kann. Löst man nun, wie bei den bisherigen kadaverischen Untersuchungen wohl in der Regel geschah, die Gesichtshaut ab, so begiebt man sich sofort des wichtigsten wissenschaftlichen Moments, und erfährt über die Beschaffenheit des gesuchten Muskels wenigstens nicht das Richtige. Bis jetzt hat noch kein Anatom eine geeignete Methode gefunden, die Gesichtsmuskeln ohne Zerstörung der Hautinsertionsstellen genau zu präpariren; wir müssen uns daher vor der Hand auf das beschränken, was wir haben, und das todte anatomische, freilich oft sehr verworrene und durch Verschiedenheit der Ansichten unsicher gewordene Material durch genaue mimische Versuche und Beobachtungen zu beleben und zu deuten suchen.

Wir werden uns bei der Beschreibung der Lippenmuskeln zwar an die bisher üblich gewesenen Ontologien anlehnen, jedoch immer dabei die physio-mimologische Tendenz festhalten, und so viel Muskeln als selbstständig aufstellen, als sich wesentliche Bewegungen an den Lippen isolirt und willkührlich, wenn auch nicht von jedem Individuum, ausführen lassen.

1) Musc. orbicularis oris, Sphincter s. constrictor labiorum. Mundschliesser, Lippenwulster (Fig. 72. *l*—*n*, 74. *r*). An diesem sehr kom-

*) Nach dem bisherigen Standpunkte der Anatomie allerdings auszudehnende, da die Zahl der hierher gehörigen Muskeln in den Büchern bloss 11 beträgt.

plicirten Muskelsystem, welches um die Mundspalte herum in beiden Lippen liegt, müssen wir vor Allem zweierlei Lagen oder Systeme von Bündeln unterscheiden, ein den Lippen unter allen Umständen eigenthümliches, und ein von andern Gesichtsmuskeln stammendes, für gewisse Lippenbewegungen auf Zeit entlehntes oder geborgtes.

a. Selbständige Lippenfasern. Sie sind für die Oberlippe andere, als für die Unterlippe, denn einen in sich selbst zurücklaufenden Kreismuskel für beide Lippen giebt es nicht, sondern für jede Lippe einen Muskelfaserbogen; nach aussen (nach den Anheftungsstellen zu) sogar zwei solcher Bogen. Alle diese Muskelbogen haben aber nach aussen, ausserhalb des Mundwinkels, eine gemeinschaftliche Insertionsstelle oder Insertionslinie. Wenn man die Lippen verkürzt und verschiebt, z. B. bei Pronuncirung des U, so bemerkt man, dass sich einige Linien von dem Mundwinkel nach aus- und etwas nach aufwärts, ungefähr da, wo die Nasenbackenfurche unten aufhört, eine kurze neue Furche bildet, die sich etwa $1/2$ Zoll ziemlich senkrecht nach unten fortsetzt, wobei die vor derselben liegende Lippenhaut in eine ziemlich dicke Falte aufgewulstet und nach vorn geschoben wird. In dieser Furche oder vertieften Linie (Fig. 75. *ee'*) sind die Insertionsstellen der einzelnen Fasern der selbständigen Portionen des Mundschliessers zu suchen. Von dieser Linie, die man sich behufs bequemerer Beobachtung mit Dinte oder Höllenstein markiren mag, gehen sämmtliche Fasern unseres Muskels aus, um sich entweder querüber die obere oder querunter die untere Lippe zur entsprechenden Linie der andern Seite zu begeben, oder sich an andere, mittlere Anheftungspunkte zu begeben. Immer müssen wir aber jene seitliche Linie als Endigungs-, nicht als Ursprungsstelle des Muskels betrachten.

α. Muskelfasern der Oberlippe (Fig. 72. *m m'*). In beiden Lippen, zunächst also in der Oberlippe, müssen wir vorerst ganze und halbe Bogenfasern unterscheiden. Die ganzen, unpaarigen, liegen am dichtesten in den rothen Lippenwülsten selbst, in welchen sie, wenn gleich mit zahlreichen Fettzellen und Drüsen durchsetzt, schon ziemlich oberflächlich unter der ganzen Schleimhaut derselben zu beginnen und sich durch den ganzen Wulst zu ziehen scheinen. Ueber den Lippenwulst hinaus wird diese Muskelfaserlage dünner, aber die einzelnen Fasern liegen enger neben und übereinander. Weiter oben, etwa 2''' vor der Anheftung der Oberlippe am Kiefer, hören die ganzen Bogenfasern auf, und es lagern sich über dieselben die halben oder paarigen Bogenfasern. Diese entspringen beiderseits an der vordern Fläche des Oberkiefers, und zwar nach Theile längs einer Linie, die von der Wurzel des ersten Backenzahns nach innen und etwas nach unten gegen den ersten Schneidezahn verläuft; und weiter nach der Mittellinie zu entspringt noch ein Bündel vom untern Rande der Nasenscheidewand, welches, so viel ich weiss, zuerst von De Courcelles als Nasalis labii superioris abgebildet worden ist (Fig. 72. *k*). Diese Ursprungs-Stelle oder Linie, die von Theile wohl nach hinten etwas zu weit ausgedehnt worden ist, entspricht mit Ausnahme der vordersten Portion derselben, so ziemlich dem Ursprunge des Depressor septi narium, und es scheinen daselbst die Ursprünge der Fasern beider Muskeln durcheinander zu liegen, weil in der Regel beide gleichzeitig wirken. Die vom Oberkiefer kommenden Fasern unseres Muskels begeben sich nun zur gemeinschaftlichen Insertionsstelle ausserhalb und etwas oberhalb des Mundwinkels, wo sie in der Haut selbst endigen, die von ihnen, wenn sie sich verkürzen, in eine tiefe

Grube ein- und vorgezogen wird. Die tiefer liegenden Fasern des Mundschliessers verlängern diese Grube zu der vorhin beschriebenen Furche. Der sogenannte Nasalis labii superioris dagegen scheint nicht bis zu dieser Grube zu gelangen, sondern sich strahlenförmig auf der Seite der Oberlippe, seitlich des Filtrum's auszubreiten, sich mit den Transversalfasern des Mundschliessers zu kreuzen, in zerstreuten Punkten der äussern Haut zu endigen, und demnach als Ausstülpmuskel der Oberlippe zu wirken. Nach De Courcelles biegt er sich zum Theil in die Lippenportion des Pyramidalis um, wonach er gar nicht zum Mundschliesser, sondern zu den Hebern der Oberlippe zu rechnen wäre.

β. Muskelfasern der Unterlippe (Fig. 72. *n n'*). Auch hier haben wir ganze und halbe Bogenfasern zu unterscheiden. Die ganzen, unpaarigen Bogenfasern liegen zumeist im rothen Wulst der Unterlippe, in ähnlicher Anordnung, wie die des obern Prolabiums, und endigen sich in der oben beschriebenen Linie seitlich vom Mundwinkel unter denen der Oberlippe in der Haut; eine tiefer liegende, bis zur Lippen-Kinnfalte ausgebreitete, dünnere Lage derselben liegt wohl der äussern, behaarten Haut der Unterlippe näher, als der innern Schleimhaut, und scheint mit den aufsteigenden Fasern des Depressor labii inferioris in einem ähnlichen Zusammenhang zu stehen, wie die Transversalfasern der Zunge mit den senkrechten derselben. Die halben Bogenfasern der Unterlippe liegen mehr auf der innern Tafel derselben, unter der reflektirten Mundschleimhaut; sie entspringen beiderseits an der vordern Fläche des Unterkiefers, nach Theile an der Wurzel des Hundszahns, neben dem Ursprunge des Kinnhebers, und schlagen sich, wie schon Santorini (der diese Portion als einen besondern neuen Muskel beschreibt) ziemlich richtig beobachtet hat, bogenförmig nach aussen und oben, um sich an der gemeinschaftlichen Insertionsstelle des Mundschliessers zur äussern Haut zu begeben. De Courcelles nennt diese halben Bogenfasern deshalb, weil ihre Insertion gleich neben den Buccinator zu liegen kommt, Accessor Buccinatoris (Fig. 72. *o*).

b. Akzessorische Fasern des Mundschliessers. Santorini und nach ihm Theile u. A. sind der Meinung, dass unser Mundschliesser im strengen Sinne gar kein selbständiger Muskel, sondern eine Fortsetzung der Fasern mehrerer Gesichtsmuskeln, hauptsächlich des Backenmuskels sei. Dieser Ansicht muss ich entschieden entgegen treten. Es ist unmöglich, dass Muskelfasern, welche rückwärts vom Mundwinkel, oder ober- und unterhalb der Lippen ihren festen Ursprung haben, wenn sie auf die Lippen übergehen, auf irgend eine Weise dahin gebracht werden können, die Mundspalte und die Lippen selbst zu verkürzen, oder die Lippen, während sie verkürzt werden, gegen einander zu drücken. Schon die einfache Beobachtung, dass die Gesichtshaut rechts und links vom Mundwinkel einwärts, gegen das Centrum des Mundes, gezogen wird, spricht gegen Santorini und Theile auf ganz unzweideutige Weise. Anders gestaltet sich die Sache, sobald wir von der Verkürzung der Mundspalte absehen, und unsern Muskel einmal als blossen Mundschliesser, nicht Mundverkürzer betrachten, ferner wenn wir die verschiedenen Phänomene erwägen, bei welchen, bei unverkürzter Mundspalte, eine Lippe über oder unter die andere gezogen wird, mag dabei ein gegenseitiger Druck ausgeübt werden, oder nicht, wenn wir endlich in Betracht ziehen, dass bei manchen der Vorgänge, wo der Sphincter labiorum wesentlich thätig ist, bald ein Vor-, bald ein Ein-

wärtsziehen, bald ein Fixiren des Einpflanzungsrandes derselben, bald ein Laxiren und Aufblasen dieses Randes stattfindet. Zu allen diesen Vorgängen sind anderweite Hülfsmittel nöthig, die von Muskeln entlehnt werden mussten, welche ausserhalb des eigentlichen Sphinkters liegen, und mit diesem zunächst nichts zu schaffen haben. Diese Accessores sind nun nach ihrer physiologischen Verschiedenheit folgende.

α. Die vordern Bündel des M. Buccinator. Wie wir bereits bei diesem Muskel erwähnt, kreuzen sich diese beiden Bündel einige Linien hinter dem Mundwinkel, das vom Unterkiefer entspringende geht zur Ober- das vom Oberkiefer kommende zur Unterlippe. Nach De Courcelles (auf unserer Fig. 72. wiederholter) Abbildung geht dabei das untere Bündel über das obere hinweg, was jedoch nach meiner Ansicht nicht richtig ist, da die Unterlippe, wenn man (z. B. behufs des Blasens der Trompete) die Lippen durch Seitenzug anspannt, weit tiefer in die Mundwinkelfurche, die sich dabei bildet, hineingezogen wird, als die Oberlippe, welche dabei in der Gegend des Mundwinkels mehr vortritt. Eben so unrichtig scheint mir auf seiner 2. Tafel De Courcelles das von unten nach oben gehende Bündel stärker als das andere abgebildet zu haben, da nach meinen mimologischen Selbstbeobachtungen der an der Unterlippe stattfindende Zug offenbar ein stärkerer ist, als der an der Oberlippe: auch scheint mir nur das nach oben ziehende Bündel isolirt vom andern wirken zu können, nicht umgekehrt. Wirken beide zusammen, so werden die Lippen, wenn der Mund geschlossen ist, komprimirt, verschmälert, in die Länge gespannt, und dadurch die Lippendisposition bewirkt, wie sie namentlich zum Blasen der Trompete und anderer Becherinstrumente erforderlich ist. Der Name Buccinator ist daher für diesen Muskel ganz richtig gewählt, wenn gleich der Erfinder dieses Namens dabei wohl zunächst an das — vom Muskel nicht herrührende — Aufblasen der Backen gedacht hat. In den beiden Lippen scheinen die vom Buccinator entlehnten Fasern sehr oberflächlich und zwar nur unter der Schleimhaut der Prolabien zu liegen, während die des Sphincter darunter zu liegen kommen.

β. Muskelfasern vom Zygomaticus major (Fig. 72. *r*, 74. *k*), gehen gleichfalls in ziemlicher Anzahl in die Unterlippe über, und unterstützen die Wirkung der dahinter liegenden Fasern des vom Oberkiefer kommenden Bündels des Buccinator. Doch scheinen mir diese antheiligen Fasern des Zygomaticus sich mehr in der gleich unter dem Mundwinkel vor der grossen bei Seitwärtsspannung der Lippen sich bildenden Hautfalte gelegenen Hautportion zu endigen.

γ. In die Oberlippe gelangen nach fast allgemeiner Versicherung der Anatomen Fasern vom Triangularis menti (Fig. 74. *u*); indessen glaube ich doch, ebenso wie vom Zygomaticus, bezweifeln zu müssen, das jener vollständige Längenfasern an die Oberlippe oder an deren Sphincter abgiebt, da beim Herabziehen des Mundwinkels, wo er doch allein thätig sein kann, nur etwa der dritte Theil der Oberlippenhaut (das Prolabium gar nicht) in Bewegung gesetzt wird: die bis dahin gelangenden Fasern müssen sich demnach in der äussern Haut dieser Portion inseriren. Dasselbe gilt von den bis dahin aufsteigenden Fasern des Latissimus colli.

Dies wären etwa die akzessorischen Hülfsfasern des Sphincter oris, insofern sie zur Verstärkung der selbständigen Fasern desselben dienen oder die Druckwirkungen derselben unterstützen können. Von den zahlreichen die Wirkung der Sphincteren sonst unterstützenden, mit denselben aber nicht

gleichen Verlauf habenden, vielmehr mit ihnen sich kreuzenden Muskelfasern, besonders des Detractor nasi und Levator menti werden wir unter den einzelnen Muskeln, von welchen sie ausgehen, passender das Nöthige vortragen.

Was die Anordnung der einzelnen Faserzüge des Sphincter oris im Allgemeinen anlangt, so wissen wir darüber freilich auf Grund genauerer, beziehendlich mikroskopischer, anatomischer Untersuchungen nur sehr wenig. Indessen der Umstand, dass die äussere Haut ohne Zerschneidung wesentlicher, nicht blossem Zellgewebe angehöriger Theile von den darunter liegenden Längenfasern nicht losgelöst werden kann, ferner, dass die Lippenhaut bei starkem Kontrahiren der Theile an mehreren Stellen grubig, faltig und anämisch wird, dass bestimmt zu einander stehende Hautstellen dabei einander genähert werden u. s. w., berechtigt uns zu der Annahme, dass es im Lippenmuskelsystem, abgesehen von den oben erwähnten halben Muskelbogen, eine ziemliche Anzahl Fasern giebt, die mehr oder weniger kurz sind, und in der äussern Haut der Lippen sowohl entspringen, als auch endigen, um das von ihnen begrenzte Hautstück zu falten, und so eine ganze Fläche verschmälern zu helfen. Für zukünftige anatomische, womöglich von hinten aus vorzunehmende Untersuchungen empfehle ich namentlich den mittlern Theil der Unterlippe zwischen dem Rand des Prolabiums und der Lippenkinnfalte, und an der Oberlippe die beiden Seitentheile neben dem Filtrum. Vielleicht sind die Muskelfasern an den vertieften Stellen nur durch festes Zellgewebe am Corion befestigt, während dieses an den Stellen, wo sich Falten bilden, fehlt. Jedenfalls ist noch sehr viel hier zu erforschen.

Wirkungsweisen des Sphincter oris. Auch in dieser Hinsicht befinden wir uns noch in einem ziemlich dunkelem Gebiete, da es oft schwer hält, bei Beurtheilung irgend einer Lippen- oder Mundbewegung den Antheil zu bestimmen, den unser Muskel daran nimmt. Mit einiger Wahrscheinlichkeit lässt sich vor der Hand Folgendes darüber angeben. — Damit der ganze Muskel in Wirksamkeit trete, ist vor Allem nöthig, dass die Anheftungen beider Lippen an den Kieferknochen fixirt sind. Dies geschieht, wie wir bald genauer betrachten werden, durch den Depressor nasi, Levator menti und die Incisivi. Bei geschlossenem Munde wird nun, wenn sich der ganze Muskel kontrahirt, die Mundspalte verkürzt, die Lippenwülste werden dicker und streben, wenn nicht eine andere Kraft dagegen wirkt, nach vorn auszuweichen, d. h. sich etwas nach aussen umzurollen. Da ferner durch die Verkürzung der ganzen Lippenplatte dieselbe etwas breiter wird, und in Folge der Kontraktion der obern Halbbogenfasern eine gewisse Hebung, Attraktion und selbst Kontraktion der Mundwinkelpartien in der Richtung der Insertionslinie stattfindet, so werden die beiden Lippenwülste mit einigem Nachdruck gegen einander gedrückt, wobei sie so lange mit ihrer innern Längenzone sich allenthalben gegenseitig berühren, als die specielle Kontraktion des Sphinkters der Prolabien sich auf dem erforderlichen Grade erhält. Auf der höchsten Stufe dieser Kontraktion bildet sich auf der innern Fläche der etwas nach aussen umgerollten Unterlippe eine sie in der Mitte gleichsam halbirende Rinne, welche von der Oberlippe, so lange diese in dem gehörigen Kontraktionsgrade verharrt, ausgefüllt wird. Lässt dieselbe aber in diesem Bestreben etwas nach, so bleibt in der Mitte eine kleine Oeffnung übrig, welche, wenn Luft durchgeblasen wird, die Pfeiftöne entstehen lässt. Dabei lässt sich erkennen, dass der Sphinkter der Prolabia

unabhängig von den andern Fasern beliebig kontrahirt und relaxirt werden kann, was jeder an sich erfährt, der pfeifen kann. Macht man diese Mundöffnung etwas grösser, so gelingt kein Ton mehr, man kann dann damit nur blasen. — Man kann aber auch die blossen äussern Partien des Muskels, ohne die Wulstschichten, wirken lassen. Geschieht dies bei einer kleinen Entfernung der Zahnreihen von einander und unter Beihülfe des Depressor nasi, des Nasalis labii superioris, und Depressor labii inferioris, so erhält der Mund die Form und Stellung, die wir bei Pronuncirung des O beobachten. Die äussern Partien der Lippenwülste legen sich aufeinander, die mittlere, grössere Portion derselben wölbt sich bogenförmig nach oben und unten und wird dabei etwas vorwärts geschoben, und es bleibt zwischen beiden Lippen eine fünfeckige Oeffnung. Werden die Wulstsphinkteren, die schon jetzt etwas sich zu kontrahiren begonnen haben, stärker kontrahirt und die Kinnladen etwas mehr einander genähert, so verengt sich jene Oeffnung, wird mehr dreieckig, und es entsteht die Mundstellung, wie sie für Pronuncirung des U erfordert wird. Bei weiter geöffneten Kinnladen können beide Mundwinkel einander nicht anders genähert werden, als wenn gleichzeitig die Lippen nach vorn oder aussen geschoben werden: die Mundöffnung wird dabei fast viereckig. Wir können auf die unendlichen Modifikationen, welche durch verschiedengradige Kontraktionen der Mundwinkelanzieher und der Wulstsphinkteren willkührlich erzeugt werden können, hier nicht weiter eingehen: die zu phonischen Vorgängen erforderlichen Lippenpositionen werden wir später noch besonders betrachten, so wie wir auch mehrere Vorgänge an den Lippen dann erst vollkommen erklären können, wenn wir die übrigen mitwirkenden Muskeln kennen gelernt haben werden. — Nach Theile sollen die Randschichten beider Lippen isolirt wirken können, wobei die Lippenränder an einander gepresst und nach einwärts gezogen werden sollen, so dass der rothe Lippentheil verschwindet, welche Einwärtsziehung aber bei geöffneten Kiefern schwächer ist. Nach meinen Beobachtungen kann diese Einwärtsziehung der Lippen, oder auch das Ueberziehen der einen über die andere nicht allein durch die Spinkteren bewirkt werden, sondern es müssen noch andere Muskelkräfte dazu treten. Dagegen ist ein isolirtes Wirken der oberen Muskelbogen der Oberlippe ohne selbständige Betheiligung der Fasern der Unterlippe wohl möglich; die Mundwinkel werden dabei mässig einander genähert, ein Stück in die Höhe gezogen, und die Lippen müssen ganz mechanisch in der Lage, die sie gerade haben, dieser Bewegung folgen. Ein völlig einseitiges Kontrahiren der einen oder andern Hälfte der Randschichten (Wulstsphinkteren) ist wohl unmöglich, was auch Theile dagegen einwenden mag: nur durch die Mitwirkung der akzessorischen Fasern der einen Seite kann die entsprechende Mundhälfte etwas markirtere Phänomene zeigen, als die andere. Dass aber die Bündel der Randschicht jeder Lippe ziemlich isolirt wirken können, mögen die Kiefer geschlossen sein oder nicht, aber, setze ich hinzu, nur in ganzer Länge (wenn auch das Resultat der Kontraktion nur in der Mitte sich manifestirt), ist vollkommen richtig. Allein eine vollständige Konstriktion der Lippen ist nie ein isolirter Vorgang: es ist dazu immer noch die Beihülfe entweder des Levator menti oder des Orbicularis menti erforderlich. S. diese.

In physiologischer Hinsicht müssen wir also an dem bisher sogenannten Orbicularis oris folgende einzelne, selbständige Partien unterscheiden:

1. Constrictor prolabii superioris.

2. Constrictor prolabii inferioris.

3. Protractor anguli oris superior, dexter et sinister, entspricht der äussern Schicht des oberen Orbicularis Theile's.

4. Protractor anguli oris inferior, dexter et sinister, die vom Unterkiefer entspringenden Muskelbogen der Unterlippe.

5. Querfasern am behaarten Theile der Unterlippe, nicht bis zum Mundwinkel gelangend, wir wollen sie Coangustator labii inferioris nennen.

Der Nasalis labii superioris dagegen gehört nicht zum Orbicularis, da sich seine Fasern mit den des letztern kreuzen: wir wollen ihn Levator prolabii superioris nennen. Nach De Courcelles (Tab. I.) gehen Fasern des Pyramidalis in den Nasalis lab. sup. bogenförmig über.

2) M. depressor nasi, fixator labii superioris (Fig. 72. *i*, 74. *q*, 76. *aa'*). Gewöhnlich wird dieser Muskel Depressor alae nasi genannt, aber mit Unrecht, da er die ganze Basis der Nase ein- und etwas abwärts zieht. Der Name Dilatator narium, den ihm Arnold gegeben hat, ist vollends ganz unrichtig, da er den Umfang der Nasenlöcher eher etwas vermindert, als vergrössert. Er entspringt über den beiden Schneidezähnen und dem Augenzahne gleich unter der Mundschleimhaut, und begiebt sich mit divergirenden Fasern theils aufwärts an die hintere Seite des Nasenflügels und noch hinter demselben an die zwischen ihm und der grossen Nasen-Backenfalte liegende Haut (*a*), theils ein- und vorwärts an die untere Kante der Nasenscheidewand (*a'*) (Fig. 74. *q*). Seine seitlichen aufsteigenden Fasern werden von den herabsteigenden des Pyramidalis durchsetzt, so dass hier zwischen den Insertionspunkten jener Fasern auch dergleichen von letzterem Muskel zu liegen kommen, und demnach jenes Hautstück nach Willkühr bald abwärts, bald aufwärts gezogen werden kann, wie Jeder an sich selbst zu beobachten im Stande ist.

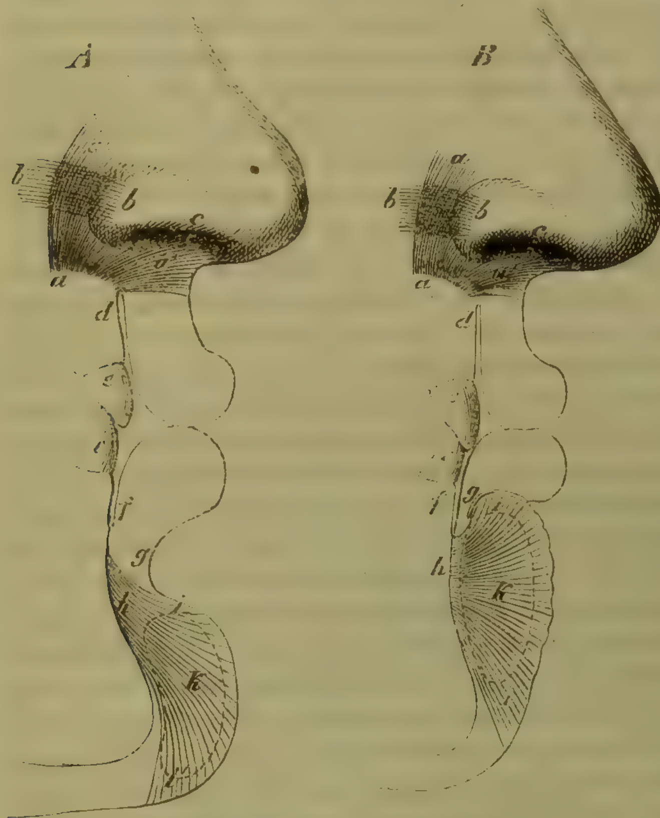


Fig. 76.

Die Wirkung dieses Muskels (Fig. 76. *B*) ist eine dreifache. Er zieht erstlich den Nasenflügel nebst dem hinter ihm liegenden Hautstück einwärts, und etwas, namentlich dieses Hautstück, herab; dabei zieht er die Nasenspitze rückwärts, so dass sie weniger vorspringt, und der ganze Nasen-

rücken, wenn er im Zustand der Ruhe gerade läuft, konvex wird; endlich schiebt er die ganze Oberlippe an ihrer Anpflanzungsstelle am Oberkiefer nicht nur einwärts, so dass sie förmlich fixirt wird, sondern auch etwas abwärts, so dass sie, wenn der Mund dabei offen steht, länger erscheint, d. h. dem Centrum der Mundöffnung, die dabei etwas sich verengt, genähert wird. — Nicht alle Menschen haben den Gebrauch dieses Muskels in voller Gewalt, weshalb es wohl auch gekommen sein mag, dass er von vielen Anatomen verkannt oder unrichtig aufgefasst worden ist.

3) M. incisivus superior, Retractor labii superioris. Er mag so ziemlich gleichen Ursprung, nur in etwas beschränkterer Ausdehnung haben, wie der vorige Muskel: anatomische Trennungselemente kann ich jedoch nicht auffinden; seine Fasern steigen auch nicht auf- und vorwärts, sondern abwärts in die Oberlippe, gegen das Prolabium, wo sie unter deren Schleimhaut sich etwas divergirend ausbreiten. Die dem Filtrum gegenüberstehende Stelle der Lippe erhält keine Fasern von diesem Muskel. Er scheint die Oberlippe gegen die Zähne zu ziehen und das Prolabium nach innen rollen zu können, so dass es mehr oder weniger dem Gesicht entzogen wird. Vielleicht hängt von seiner Wirkung die Bildung des stumpfen Winkels ab, durch welche der Mitteltheil der Lippe vom Seitentheil geschieden wird. Seine Wirkung kann sich nach Belieben mit der der Lippenportionen des Buccinator, oder mit der des Sphincter labii sup. verbinden.

4) M. levator prolabii superioris, s. unter No. 1.

5) M. pyramidalis, Levator alae nasi labiique superioris (Fig. 74. *o*). Ein platter, fast dreieckiger Muskel, welcher in der seichten Vertiefung, die auf der Aussenfläche des Stirnfortsatzes des Oberkiefers (zwischen Nasenwurzel und innerem Augenwinkel) verläuft, in der Länge eines halben Zolles kurzsehnig entspringt, auf der Seitenfläche der Nase allmälig breiter werdend abwärts geht, und sich zum Theil am Nasenflügel, zum Theil tiefer in der Lederhaut der Oberlippe (wo das seitliche Drittel derselben in das mittlere übergeht) in zerstreuten Punkten endigt. Er ist zunächst ein mimischer Muskel, hebt den Nasenflügel und legt die über und vor letzterem liegende Haut in mehrere Falten: er rümpft, wie man sagt, die Nase; sein Lippentheil, der uns zunächst angeht, hebt das seitliche Dritttheil der Oberlippe in die Höhe, und vermag, bei gleichzeitiger Wirkung der beiden folgeaden Muskeln, den rothen Rand der Oberlippe, wenn der Mund geöffnet ist, aus der gebogenen Lage in eine ziemlich horizontale zu bringen. Dies giebt dem geöffneten Munde den Ausdruck eines sanften Lächelns, welchen sich beim Vortrage anzueignen viele Gesanglehrer ihren Schülern anempfehlen.

6) M. levator labii superioris (Fig. 74. *n*) liegt neben dem vorigen nach aussen, entspringt in der Breite von $^1/_2''$ kurzsehnig zwischen dem untern Augenhöhlenrande und dem Unteraugenhöhlenloche, und verläuft, immer neben dem Pyramidalis, zum zweiten Sechstel (vom Mundwinkel an gerechnet) der Oberlippe, an deren Lederhaut er sich, mit den Fasern des Orbicularis netzförmig, wenn auch nicht zusammenhängend, doch sich kreuzend, in einzelnen Punkten anheftet. Er wirkt in der Regel mit dem vorigen. Einseitige Wirkung derselben ist ein rein mimischer, beim Singen sogar verbotener Vorgang. Dabei zieht er die Nasen-Backenfalte seitwärts gegen die Augenhöhle, und bewirkt, meist in Verbindung mit dem folgenden Muskel, den hohnlächelnden Ausdruck.

7) M. zygomaticus minor (Fig. 74. *i*), ein kleiner, vom untern innern Theile der äussern Fläche des Wangenbeins kommender Muskel, der schief nach unten und innen in der Wange verläuft und sich mit dem vorigen Muskel vereint an der Oberlippe endigt. Er ist durchaus ein mimischer, in der Regel nur einseitig wirkender Muskel, welcher den Theil der Oberlippe, zu dem er geht, in eine Ecke aufzieht und so den hämisch-lächelnden Ausdruck bewirken hilft.

8) M. levator anguli oris (Fig. 72. *q*, 74. *m*). Er liegt vom Levator labii nach aussen, entspringt etwa 1/2" unter dem Infraorbitalloche aus der Oberkiefergrube in der Breite eines halben Zolles, steigt ziemlich senkrecht nach unten, so dass sein innerer Rand gerade auf den Mundwinkel trifft. Hier kreuzen sich seine Fasern mit den des Zygomaticus major und der äussern Portion des Orbicularis; sie gehen aber unbehindert an die Hautstelle, welche gleich seitlich und etwas abwärts vom Mundwinkel, mit der Unterlippe fast in gleicher Linie liegt, und zieht dieselbe in seiner Richtung in die Höhe, wobei er eine kurze, die Fortsetzung des Oberlippenwulstes bildende Hautfalte aufwirft. Der Mundwinkel steigt auf diese Weise ein Paar Linien in die Höhe; die Bewegung, die dabei wahrnehmbar ist, ist eine drehende, da zunächst der äussere Theil der Unterlippe angezogen wird. Uebrigens liegen die Endtheile seiner Fasern vor den der in ähnlicher Weise wirkenden vom Oberkiefer an die Unterlippe tretenden Portion des Buccinator.

9) M. zygomaticus major (Fig. 72. *r*, 74. *k*), der längste Gesichtsmuskel, von der äussern Fläche des Wangenbeins, da wo der Schläfebeinfortsatz abgeht, kurzsehnig entspringend, und als ein 3—4''' breites und etwa 2'' dickes Muskelbündel schief gegen den Mundwinkel, aber nicht bis zu demselben verlaufend. Ein Stück von demselben entfernt divergiren seine Fasern, und setzen sich theils in der Mundwinkel-Backenfalte, theils weiter vorn und unten, wohl ziemlich an demselben Theile der Gesichtshaut, wo der vorige, an. Er zieht die erwähnte Gesichtsfalte tiefer und auswärts gegen den Backen, zieht den Mundwinkel nach dem Wangenbeine zu, oder, wenn gleichzeitig der Depressor anguli oris und Risorius wirkt, gerade nach aussen oder hinten. Seine Wirkung ist beim Gesang verboten, bei der Deklamation kann dieselbe an ihrem Platze sein. Er giebt, allein wirkend, dem Gesicht den Ausdruck des harmlosen, nach Theile des ironischen Lächelns.

10) M. risorius (Fig. 74. *w*), kommt mit zerstreuten Fasern von der Aponeurose des Kaumuskels, die sich nach vorn und unten wendend zu einem schmalern Bündel verdichten, welches unterhalb des Mundwinkels sich an derselben Stelle, wo der vorige Muskel, anheftet. Er soll mit dem Zygom. major einen förmlichen Muskelbogen bilden, jedenfalls stösst er, bei Kontraktion seiner Fasern, mit jenem unter einem Winkel von etwa 45° zusammen, und soll zur Bildung des Grübchens beitragen, das sich bei manchen Personen während des Lächelns auf dem Backen bildet. Jedenfalls hilft er die Mundwinkel-Backenfalte vertiefen.

11) M. incisivus inferior, Levator s. Adpressor labii inferioris. Wir kehren jetzt zur Unterlippe zurück, und haben hier zunächst einen noch einigermaassen zweifelhaften Muskel zu beschreiben, der sich zur Unterlippe etwa ebenso verhält, wie der Incisivus superior zur Oberlippe, und ausserdem zum Levator menti in einem ähnlichen Verhältniss steht, wie der Inc. superior zum Depressor nasi. Die bereits von Cowper und Santorini

diesem Muskel vindicirte Selbständigkeit ist in neuerer Zeit, namentlich von Theile angezweifelt worden. Letzterer rechnet ihn zum Levator menti, als dessen oberste Fasern der Incisivus inf. betrachtet werden könne: wir werden auf diese Ansicht zurückkommen, wenn wir jenen Levator genauer kennen gelernt haben werden. -- Der Incisivus inferior, von Cowper und Santorini Elevator labri inferioris genannt, entspringt angeblich unter dem Zahnfleisch des äussern Schneidezahns und des Hundszahns, als ein dünnes etwa 4''' breites Muskelbündel, das sich hier freilich anatomisch von der Insertion des Levator menti nicht abgrenzen lässt, hierauf nach innen und oben sich in die Unterlippe begiebt, in welcher sich die Fasern nach Santorini kreuzen sollen. Vor dieser Kreuzung werden beide Muskeln durch das untere Lippenbändchen getrennt. Man kann beide Muskeln zusammengenommen als einen unpaarigen Muskelbogen der Unterlippe betrachten, durch dessen Zusammenziehung die Unterlippe wohl nur wenig an ihrer Kinnladeninsertion gehoben, dagegen vorzugsweise gegen die Zähne gezogen, also von dem Umstülpen abgehalten wird. Er scheint die Aktion der die Unterlippe seitlich und rückwärts ziehenden Muskeln unterstützen zu können.

Ausserdem hat Santorini einen ähnlichen unter dem Zahnfleisch von Vorigem nach aussen gelegenen, nach unten konvexen Muskelbogen beschrieben und abgebildet. Er nennt ihn Productor labri inferioris. Ich habe mich von dessen Existenz noch nicht überzeugen können.

12) M. depressor anguli oris, Triangularis (Fig. 72. *s*, 74. u.). Dies ist der erste der unterhalb des Mundes gelegenen Gesichtsmuskeln, und von denselben derjenige, über den allenfalls, noch einige Uebereinstimmung bei den Anatomen herrscht, während die übrigen bisher noch in tiefes Dunkel gehüllt sind. Er entspringt auf der Aussenfläche des Unterkiefers, zwischen dessen unterem Rande und dem Kinnloche, so dass dieser Ursprung vorn bis zum die Kinnerhabenheit begrenzenden Höcker reicht; hinten bis in die Gegend des 4. Backenzahnes. Seine Fasern steigen, sich zu einem schmaleren Bündel zusammenziehend, in die Gegend, wo die Insertionen des Sphincter oris liegen, wo sie sich jedenfalls, von letzteren durchsetzt, an die Haut in einzelnen Punkten anheften. Ein Theil seiner Fasern soll unmittelbar in den Zygomat. major, den Levator anguli oris und in den obern Theil des Sphinkters oder Protractor anguli oris superior übergehen. Ein Theil des Quadratus menti und Latissimus colli wird von seinen Fasern bedeckt. Zuweilen fand ich, dass die nach innen liegenden das Kinn einschliessenden Fasern sich vom untern Rande des Kiefers auf- und einwärts nach der Mitte des Kinns umkrümmten. Er zieht den am Mundwinkel liegenden Theil der Oberlippe nach unten und hinten, ein Vorgang, der in der Regel nur auf einer Seite ausführbar ist, der durch gleichzeitige Mitwirkung des Levator menti kräftig unterstützt wird, und bei welchem sich die gleich unter den Insertionsstellen der Fasern unsers Muskels liegende Gesichtshaut in einen breiten Hügel aufschiebt, unter und hinter welchem sich eine Vertiefung, bei älteren Leuten wohl auch eine Falte bildet. Dieser mimische Vorgang, der zur Erzeugung des sogenannten Schafsgesichts, oder auch des Ausdrucks, den das Gesicht annimmt, wenn ein unerwarteter Einwurf oder sonst etwas die Eigenliebe Verletzendes das Gemüth berührt, beiträgt, lässt sich merkwürdiger Weise mit der Kontraktion des Levator labii superioris und Zygomaticus minor verbinden, wobei das sarkastische Lächeln zum Vorschein kommt,

und die Mundspalte gewöhnlich etwas auf der betroffenen Seite geöffnet wird. Ausserdem wirkt er zur Erzeugung des sogenannten langen Gesichts mit, unterstützt von den Oeffnern der Kinnladen und dem Depressor nasi, und endlich spielt er auch beim Weinen seine Rolle. Beim kunstgerechten Gesange ist seine Thätigkeit verboten. Ob er mit dem Risorius und dem Zygomat. major kooperiren kann, weiss ich aus eignen Erfahrungen noch nicht, obwohl ich es für möglich halte. Fasern, die aus ihm in den Levator anguli oris übergehen, müssen, wenn sie existiren, die Kaumuskeln unterstützen können. Fasern endlich, die sich von unten nach oben und innen umkrümmen, werden zur Bildung des im Folgenden zu erwähnenden Kreismuskels beitragen und in dessen Sinne wirken helfen.

13) M. depressor labii inferioris, quadratus menti (Fig. 74. *l*), ist für uns schon von grösserer Bedeutung. Ueber die Anatomie dieses Muskels herrscht grosse Uneinigkeit. Man lese den 32. Paragraph des 1. Cap. von Santorini's Obs. anat. Freilich kannte Letzterer den Levator menti noch nicht, oder vermengte denselben mit seinem Depressor und Corrugator. Bei Eustachius und Cowper finden sich schon richtigere Ideen über diesen Muskel. Theile lässt ihn mit Santorini vom Unterkiefer unterhalb des Kinnlochs in einer Breite, die dem Hundszahn und den 2 Kegelzähnen entspricht, entspringen und als dünne Muskelschicht nach oben und innen bis in die Lippen-Kinnrinne verlaufen, wo die innern Ränder beider Muskeln unter einem spitzen Winkel zusammenstossen. Letzteres ist wohl irrthümlich, aber dass sich von dort aus die Fasern des Muskels allmälig in der Haut verlieren und einige derselben fast den rothen Lippenrand erreichen, hat seine volle Richtigkeit. Dagegen mit dem Ursprunge kann ich mich nicht einverstanden erklären. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen über seine Funktion am Lebenden, so wie einiger von älteren Anatomen gegebenen Winke glaube ich den Quadratus menti für einen unpaarigen Ring- oder Kreismuskel erklären zu müssen, und möchte ihn Orbicularis menti zu benennen vorschlagen. Wenn man bei weitgeöffnetem Munde die Unterlippe mehr oder weniger abzieht, und so, wie man sagt, die Zähne fletscht, oder wenn man G moll, S oder Ä scharf pronuncirt, so bemerkt man, wie die Unterlippe nicht nur etwas in die Länge aus und nach unten herabgezogen, dabei jedoch das Prolabium nicht umgestülpt, eher etwas verflacht und gegen die Zähne gezogen wird, sondern auch, dass dieser Muskelzug sich in einem Halbkreisbogen um die ganze Hälfte des Kinns herum fortsetzt, nach unten, innen und hinten geht, und dass die untere Partie des Kinns verschmälert, gerunzelt und in der Mitte in einen Hügel aufgehoben wird, während der mittlere Theil des Kinns unbeweglich bleibt. Demnach müssen wir die Fasern des diese Bewegungen ausführenden Muskels als ringförmig oder aus zwei halben, oben und unten einander sich entgegenkommenden und resp. in einander übertretenden Kreisbogen bestehend betrachten, und seine Lage und Form etwa folgendermaassen definiren. Obere Grenze: der fast trapezoidische Raum zwischen einer 2—3‴ unter dem Mundwinkel gedachten und einige ‴ abwärts gleich vor und längs der Mundwinkel-Kinnfalte verlängerten, und einer vom Anfange des mitteln Drittels der Unterlippe zu der Lippenkinnlinie senkrecht gezogenen Linie; von hier aus zieht sich der Muskel in einer Breite von etwa 6—7‴ um das Kinn (im engern Sinne) herum, bis hinter dasselbe, sowohl über die Mittellinie hinaus, als auch ein Stück um den Kieferrand herum gegen das Zungenbein, um sich

auf der andern Seite, etwa $1/2''$ von der Mittellinie entfernt in der Haut zu inseriren (untere Grenze). Es müssen sich also die untern Endstücken der beiden Muskeln unter dem Kinne kreuzen. Nur auf diese Art lässt sich am einfachsten erklären, wie die Unterkinnhaut bei jenen physiologischen Vorgängen verkürzt und gefaltet wird. Jedenfalls muss der (wenigstens physiologische) Hauptzug der Fasern unseres Muskels diese anatomische Anordnung haben, wobei gar nicht unmöglich ist, dass auch einige andere, vom Unterkiefer selbst oder vom Platysma myoides und selbst Triangularis*) kommende Fasern an ihn heran treten. Doch scheint mir der erstere Muskel eine förmliche, von unserem Orbicularis menti unabhängige Fortsetzung an das Kinn zu liefern, und so die Muskelfaserzüge zu konstituiren, die auf mehrern Tafeln schräg von unten und aussen nach oben und innen verlaufen und wohl zunächst auf den Namen Quadratus menti Anspruch haben können. Nach Theile vereinigt sich mit seinem äussern Rande immer ein Theil des breiten Halsmuskels. Auch kann man bei den Phänomenen, wo unser Muskel wirksam ist, besonders bei starker Querspannung der Unterlippe, immer eine Mitwirkung des Latissimus colli beobachten. Endlich dürfte durch unsere anatomische Definition wohl auch der Transversus menti Weber's, der von Theile zum Depressor anguli oris gerechnet wird, und schon Santorini und noch älteren Anatomen viel Noth gemacht hat, seine Erledigung finden**). — Die Wirkung unsers Muskels ist nun leicht einzusehen. Da beide Muskeln zusammen einen oben offenen, unten übereinander geschobenen Ring bilden, so muss er die Theile, an die seine oberen Enden gehen, dilatiren und etwas herabziehen, und die, an welche seine untern Enden gehen, gegen einander bewegen, was sich deutlich beobachten lässt. Dabei wird der von diesem Ringe umschlossene Theil, also die runde weiche Kinnerhabenheit, etwas seitlich zusammengedrückt und auch etwas gehoben, in welcher letztern Funktion er den Levator menti unterstützt. Ferner kann sich, was von Interesse ist und bisher wohl meist übersehen wurde, seine Thätigkeit mit der des Sphincter labii infer. verbinden. Dies geschieht allemal, wenn die Lippen nicht nur kontrahirt, sondern auch nach aussen gewälzt werden sollen. Die obern Endpunkte der Fasern unsers Muskels werden dabei zwar durch die Kontraktion der querlaufenden Fasern des Lippensphinkters fixirt, aber trotzdem ist der Muskel dabei in Thätigkeit, wie die einfache Beobachtung lehrt. Sollen die unverkürzten Lippen umgestülpt werden, so muss zur Wirkung unsers Muskels die des folgenden, des Levator menti, treten. Es kann auch nur eine Hälfte des Orbic. menti in Wirksamkeit treten, doch ist dies nur ein mimischer Vorgang, bei dem der Mund schief gezogen wird. In phonischer Hinsicht tritt die Wirksamkeit des Kinnsphinkters schon bei jeder Schallgebung ein, zu welcher eine volle Mundöffnung erforderlich ist; ausserdem in auffallender Weise, wie erwähnt, bei G moll, S und Ä.

14) M. levator menti (Fig. 72. *p*, 76. *h*—*k*), der letzte, vielleicht merkwürdigste, Muskel des Gesichts, den wir zu betrachten haben. Das Heben

*) Diese Vermuthung hat sich mir neuerdings durch die anatomische Untersuchung an der Leiche eines Mannes bestätigt.

**) G. W. Müller unterscheidet (Tab. 3, 1) 3 nach verschiedenen Richtungen laufende Faserzüge dieses Muskels, durch deren Zusammenwirkung freilich auch die von uns bezeichnete Endwirkung herauskommen kann. Aber wozu so grosse Umstände, da wir auf weit einfachere Art zu demselben Ziele kommen können?

oder Aufwärtsschieben des Kinns ist ein physiologischer Akt, der bei Erwägung der Anatomie der Unterlippe, die sich ja innerlich weit tiefer herabsenkt, als der obere Theil des Kinns zu steigen fähig ist, auf den ersten Blick sehr räthselhaft erscheint. Der Kinnheber ist ein ziemlich starker, dicker Muskel, und meines Wissens zuerst von De Courcelles Tab. III. (Fig. 72. *p*) abgebildet worden. Er entspringt nach Theile fleischig auf der Aussenfläche des Unterkiefers, in der Höhe von ein Paar Linien, vor dem 2. Schneidezahne und dem Hundszahne, also gerade unter dem Incisivus inferior, von welchem er anatomisch hier nicht getrennt werden kann. Seine Fasern verlaufen aber nicht aufwärts in die Unterlippe, wieder Incisivus, sondern abwärts und dabei nach innen und aussen divergirend gegen die ganze Haut des runden Kinns. Die obersten Fasern der beiden Muskeln gehen nach Theile in einander über und bilden einen muskulösen Bogen, der wohl mit dem von uns bereits als Mm. incisivi inferiores beschriebenen identisch ist. Nach Theile soll dieser Bogen freilich auf dem Unterkiefer aufsitzen, doch am Kadaver ist eine Verschiebung und eine vom lebenden Zustande abweichende Lage dieser Theile nur zu leicht möglich. Jedenfalls ist aber auch bei den tiefern, dem Levator bereits unbestritten angehörigen Fasern eine ähnliche Anordnung möglich und zum Theil selbst wahrscheinlich, ja nothwendig. Beide Muskeln bilden einen gemeinschaftlichen, durch keine Zwischenmembran*) gesonderten Fleischkörper, in welchem die Faserrichtung vorherrschend schräg von oben und innen nach unten und aussen geht. Die grössere Masse der Faserinsertionen in der Kinnhaut koncentrirt sich daher am untern Theile des Kinns, obwohl sich, wenn auch in etwas abnehmender Zahl, dergleichen Insertionen bis zum obern Segment der Kinnerhabenheit verfolgen lassen. — Bei der Thätigkeitsentfaltung dieses Muskels (Fig. 76. B *h—k* stellt einen Durchschnitt des kontrahirten Muskels vor) beobachten wir Verschiedenes, je nachdem dabei die Konstrictoren der Unterlippe kontrahirt sind oder nicht. Ist der Mund geschlossen und sind die Lippen verkürzt, gegeneinander gedrückt, so rücken, wenn unser Muskel seine Thätigkeit loslässt, die untern Theile des Kinns mehrere Linien aufwärts, und werden fester gegen den Kieferknochen gezogen. Ein merkliches Gegeneinanderdrücken einzelner Hautpunkte von den Seiten her nach innen zu findet dabei nicht statt. Die Kinnhaut wird von den vielen einwärts gezogenen Stellen grubig, höckerig, und durch den Druck auf die Hautkapillaren stellenweise blass, anämisch. Das Kinn wird flacher, springt nicht mehr vor, die untere knöcherne Leiste des Kinns ist deutlicher zu fühlen, die Haut unter dem Kinn nach dem Zungenbein zu gespannt. Weiter hinauf, in der Mitte des Kinns und nach der obern Grenze desselben bemerkt man, wie die Insertionspunkte der Muskelfasern einander von der Seite her näher treten, um so mehr, je höher sie am Kinn liegen, so dass das Kinn aus seiner vorher kugeligen Gestalt in die eines Ei's übergeht, dessen schmäleres Ende nach oben liegt. Die Lippenkinnfalte (Fig. 76. *g*) rückt bedeutend nach oben, wird markirter, tiefer und erhält seitliche Nebenfalten, die rechts und links den obern Theil des Kinns begrenzen, so wie sich auch von der Lippenkinnfalte seitlich an der Lippe eine Vertiefung bildet. Die Masse des Kinnparenchyms ist nach oben geschoben, und bildet bei höchster Wirkung des

*) Erst gegen den untern Kieferrand hin ist eine solche einigermaassen aufzufinden.

Muskels ein stehendes Trapezoid mit etwas konvexen Seiten, deren kürzeste nach oben sieht. Die zusammengezogene Unterlippe wird in die Höhe geschoben und vermag gegen die Oberlippe einen namhaften Druck auszuüben, besonders wenn der untere Incisivus gleichzeitig thätig ist. Die obere Grenzlinie des Kinns steht etwa 4‴ höher, als im Zustande der Ruhe. Wirkt unser Muskel, wenn der Mund einfach geschlossen und die Lippen nicht konstringirt sind, so steigt das Kinn noch merklich höher, die Lippenkinnfalte verbirgt sich hinter der Unterlippe, welche ganz mechanisch vom aufsteigenden Kinnkörper nach aussen umgerollt wird. Die obere Grenzlinie des Kinns steht dann $^1/_2$ bis $^2/_3$″ höher, als die Insertionsstelle des Muskels am Unterkiefer. Wenn der Mund geöffnet ist, so kann unser Muskel auch in Wirksamkeit treten, nur muss dann die Unterlippe (durch den M. depressor lab. inf.) abwärts und auswärts angespannt werden. Es wird dann der mittlere Theil der Unterlippe durch das Kinn höher aufwärts geschoben, als die Seitentheile derselben. — Der Mechanismus dieses merkwürdigen Muskels, der seines Gleichen im ganzen menschlichen Organismus nicht wieder findet, ist demnach folgender. Vor allen Dingen haben wir festzustellen, dass das Kinn einen parenchymatösen Körper (in Fig. 76. durch *k* angedeutet) darstellt, wie die Lippen oder die Zunge, gebildet aus Muskelfasern, Fett, zahlreichen, mitunter ziemlich tiefliegenden Haar- und Talgfollikeln und dem Gewebe der äussern Haut. Das Kinn ist also keine blosse Muskelmasse, sondern ein drüsiger Körper, welcher auf dem knöchernen Kinn sitzt, und auf demselben mittels der durch ihn gehenden und um ihn herum sich ziehenden Muskeln aufwärts gezogen werden kann. Ferner ist zu erwägen, dass die Haut mit den übrigen anatomischen Elementen des Kinns fest zusammenhängt, und zwar bis zur Plica labio-mentalis, welche noch vollständig zum Kinn gehört, daher auch mit ihm in die Höhe geschoben wird. Wenn daher die Fasern des Levator menti in volle Aktivität treten, so muss die von diesem Muskel unabhängige Masse des Kinns, natürlich sammt den an der obern Hälfte des letztern sich inserirenden Fasern, weil sie weder nach unten noch nach den Seiten ausweichen kann, nach den Seiten ausweichen kann, nach oben geschoben und dabei einigermaassen nach innen, gegen die Kiefer-Insertion der Unterlippe umgerollt werden. Die obere Grenze des Kinns, bezeichnet durch die Lippenkinnfurche, (Fig. 76. *g*) steigt, während die Oberlippe bei *l* auf die Unterlippe drückt (was zu diesem Vorgange aus leicht einsichtlichen Gründen wesentlich ist), aufwärts, die Lippenpartie *A g*—*m* bekommt (*B g*) eine horizontale Lage, bis sie die Oberfläche des aufgeschobenen Kinns völlig berührt, die Unterlippe (Prolabium) wird dabei komprimirt, sogar endlich vom andrängenden Kinn etwa an der Stelle *A n* erfasst und noch mehr einwärts getrieben, bis endlich die höchste Stufe des Kinnaufzugs erreicht worden ist, wie in Fig. 76. *B* dargestellt ist. Wir sehen hier bei Vergleichung der Figuren *A* und *B* zugleich die Verschiebung und Gestaltveränderung des Kinnkörpers (*k*), dessen Ideal wir durch Linien zu begränzen versucht haben. Eigenthümlich dem Mechanismus unsers Muskels ist, dass er nicht anders wirken kann, als wenn das Prolabium der Unterlippe irgend wie fixirt worden ist, mag dies durch blossen Druck (der ziemlich mässig sein kann) von Seiten der Oberlippe, oder durch Kontraktion des Sphinkters oder durch Straffziehung durch den Depressor lab. inf. geschehen. Und daraus erkennen wir nun auch die eigentliche Aufgabe unsers Muskels, die keine andere ist, als die

Lippenkinnfalte und damit den untern Theil der Unterlippe aufwärts und einwärts zu schieben. Dies ist aber nicht anders möglich, als wenn der obere, rothe Theil der Unterlippe irgend wie fixirt ist, sonst findet unser Muskel gar keinen Angriffspunkt. Je stärker jener fixirende Druck ist, desto mehr muss sich unser Muskel anstrengen, um das Kinn in die Höhe zu bringen, und desto greller treten die Phänomene der Konstriktoren des Kinns hervor. Je schwächer, desto leichter steigt das Kinn auf, aber diese Abschwächung darf, wie schon erwähnt, einen gewissen Grad nicht überschreiten. Etwas weniges kann man zwar, z. B. ich selbst, bei ganz indifferenter Unterlippe des offenen Mundes den Levator menti kontrahiren, aber das will nicht viel sagen. Ob dabei mittels der tiefern Bogenfasern des Sphincter inferior ein mässiger Anzug der Lippenkinnfalte, der dann weiterhin mit der Aktion des Levator menti gleichen Schritt hält, bewirkt werden müsse oder nicht, will ich vor der Hand noch dahin gestellt sein lassen. Die Beobachtung am Lebenden giebt nichts Deutliches der Art zu erkennen, ja bisweilen, z. B. wenn der Levator menti bei offenem Munde agirt, steht sie sogar mit obiger Annahme in Widerspruch.

Der Musc. levator menti ist, wie nun wohl klar sein wird, der eigentliche Agent der Kom- oder Adpression der Lippen gegen einander, mögen sie gespannt oder kontrahirt sein, sowie der Umstülpung der Unterlippe. Die Erhebung des Kinns ist dabei grosse Nebensache. Der Name Adpressor labiorum wäre daher wohl zweckmässiger, selbst Protrusor labii inferioris wäre noch besser, als Levator menti

Die phonischen sowohl als mimischen Vorgänge, bei welchen der sogenannte Levator menti eine Rolle spielt, sind ziemlich zahlreich. Beim Gesange an sich hat er zwar nichts zu thun, desto mehr aber bei der Sprache überall, wo die Lippen gegeneinander gedrükt oder ausgestülpt werden müssen, also bei M, B, P, W. Ausserdem spielt er eine höchst wichtige Rolle beim Spielen der Messingblasinstrumente, wo er der Hauptregulator der stärkern oder schwächern Lippenkompression ist. Beim Pfeifen und sonst überall, wo die Lippen aufrecht stehen und nur von den Seiten her konstringirt werden, ist er weniger thätig.

Beim Schluss dieses Abschnitts wollen wir über den Mechanismus der Kompression der Lippen sowohl als der Mundhöhlenluft noch Einiges anknüpfen.

Die Lippen werden auf Grund unserer anatomischen Untersuchungen im Allgemeinen durch die Kooperation der verschiedenen Strata des Orbicularis oris nebst seinen akzessorischen Hülfsbündeln, sowie des Levator und Depressor anguli oris und des Levator menti gegen einander gedrückt: bei stärkern Druckwirkungen wird noch die Thätigkeit des Depressor septi narium und der Incisivi in Anspruch genommen. Die verschiedenen Grade des Drucks werden durch allmäliges Anziehen der beiden Kieferknochen gegen einander mittels der Kaumuskeln bewirkt, so wie durch den Antagonismus, der durch die allmälige Kompression der gegen die Lippenwandung drückenden Mundhöhlenluft provocirt wird. Letztere kann bei hinten geöffneter oder bei abgeschlossener Mundhöhle in ihrer Spannung verändert werden. In ersterem Falle, wo jedoch durch Aufhebung der Gaumenplatte die Mundhöhle von der Nasenhöhle abgeschlossen wird, bewirken den Druck auf die Mundhöhlenluft die Exspirationsmuskeln, im zweiten Falle, wo die Stimmritze und die Pars nasalis des Fangrohrs geschlossen ist, die Hebung der

Zunge und des Bodens der Mundhöhle überhaupt. Ein Aufblasen der Backen kann nur im erstern Falle stattfinden, wobei freilich der Vortheil der Fixirung der Lippenpfeiler grossentheils verloren geht, doch lässt sich dieser Verlust (behufs der Intonirung der Blasinstrumente) durch ein die Lippenpfeiler an die Kiefer drückendes Mundstück wieder ersetzen. Bei jeder Zusammendrückung der Lippen wirkt auch die durch die vermehrte Bluteinströmung gesetzte Zunahme an Konsistenz und an Elasticitätsgrösse des Lippenparenchyms mit. Je nachdem von den verschiedenen Elementen des Sphincter labiorum vorzugsweise die die Lippen einwärts- oder auswärtskrümmenden Schichten, die selbständigen Strata allein oder in Verbindung mit den akzessorischen wirken, oder der eine oder der andere der sonstigen Hülfsmuskeln mit in Thätigkeit gezogen wird, sind mehrere, nach meinen Beobachtungen und Versuchen mindestens zehn verschiedene Mundformationen bei diesem Zusammendrucke möglich, auf welche wir jedoch, da sie behufs der phonischen Phänomene nur theilweise von Interesse sind, hier nicht umständlich eingehen wollen, indem wir das für unsern Zweck Nöthige in einem spätern Abschnitte vortragen werden.

Ebenso werden wir von den zusammengesetztern Muskelaktionen, welche an den Lippen zu verschiedenen phonischen, besonders sprachlichen Zwecken stattfinden, erst später unter den einzelnen sprachlichen Mechanismen umständlicher zu sprechen Gelegenheit nehmen. Doch wird es nicht überflüssig sein, bereits hier die verschiedenen Stellungen und Formänderungen kurz zu beschreiben, welche die Lippen mittels der ihnen zu Gebote stehenden muskulösen Mittel anzunehmen fähig sind.

Funktionen der Lippen in phonischer Hinsicht.

1) Bei geschlossener, aber die komprimirte Mundhöhlenluft mit einem auf oder zwischen den Lippen gebildeten Tone entweichen lassender Mundspalte.

a. Behufs von Pfeiftönen: Wulstung und Verkürzung der Lippen durch Annäherung der Mundwinkel; die Lippenpfeiler werden fixirt und angezogen durch den Musc. depressor nasi und levator menti, die Prolabia mässig gehoben, nach aussen gestülpt und stark verkürzt, das obere durch die 1. und 3. Partie des Sphincter oris, nebst dem Levàtor prolabii superioris; das untere durch den Sphincter inferior, besonders die obere oder Wulstschicht desselben (Coangustator labii inferioris), sowie durch den schon erwähnten Levator menti.

b. Behufs von Zungentönen: 1. Bei geringer Lufttension (Wulstregister): stärkere Protrusion der Lippen bei mehr Hebung des Unterkiefers, aber ohne Verkürzung der Lippen. Die Lippenpfeiler sind fixirt und angezogen, wie bei a., aber die Mundwinkel weder einander genähert, noch gegen die Kiefer gezogen, der Sphincter prolabii infer. ist somit relaxirt, dass der Mundspalt in der Mitte durch den Luftdruck sich ein wenig öffnen kann, welche Oeffnung sich durch das Spiel dieses Muskels behufs der Tonstufe verkleinert oder vergrössert, was ausserdem noch durch stärkere Umrollung der Prolabia (Wirkung des Levator menti und der Masseteres) unterstützt wird. 2. Bei stärkerer Lufttension (Druckregister): stärkerer Zusammendruck der beiden Prolabia, ohne sonderliche Wulstung oder Protrusion, Entfernung der Mundwinkel von einander (Kontraktion des ganzen Buccinator, der Zygomatici, des Levator menti, des Incisivus superior und

inferior und auch wohl des Orbicularis menti; Relaxation des Depressor nasi, besonders wenn mit vollen Backen geblasen wird). Dazu kommt 3. Beim Strohbassregister etwas Vorwärtsschiebung der mittlern Partie des obern Prolabiums über das untere nebst stärkerem Gegendruck derselben mittels der oberflächlichen Bogenfasern des Sphincter s. Constrictor prolabii superioris, während hier die übrigen Druckmuskeln in geringerem Grade thätig sind.

c. Behufs sprachlicher Artikulationen: bei F, V und W, s. diese. Bei B und P sind die Lippen vollkommen, mehr oder weniger fest durch die Kompressoren geschlossen.

2) Bei offener, die Luft nicht in Tonbildung versetzender Mundspalte. Hierher gehören sämmtliche noch nicht genannte Sprachlaute, mit Ausnahme des M, also die Vokale, einige Halbvokale, die Consonantes strepentes und die Explosivae G dur, K, D, T. Wir können hier unterscheiden:

a. Mundöffnung ohne specifisch-artikulatorische Muskelthätigkeit, nur nach dem Grade der Weite der Mundspalte zu unterscheiden. Am weitesten wird der Mund geöffnet für H, A; eine mittlere Mundöffnung finden wir bei Ch, G dur, K, L, Ng, R. Bei Ng entweicht die Luft durch die Nasenkanäle, bei G dur und K wird sie durch die Zunge zurückgehalten.

b. Mundöffnung mit specifisch-artikulatorischer Muskelthätigkeit, und zwar aa. mit vorwiegender Kontraktion der die Mundwinkel rück- und aufwärts ziehenden, und dadurch die Mundspalte verlängernden und verengenden Muskeln: Ä, E, I, J, G moll, N (mit Entweichung der Luft durch die Nasenkanäle), S, D und T (mit Zurückhaltung der Luft durch die vorgeschobene Zunge); bb. mit vorwiegender Kontraktion der die Mundwinkel einander nähernden, die Lippen vorstülpenden und die Mundöffnung verkürzenden Muskeln: O, Ö, U, Ü.

3) Bei geschlossener, die nur in Mitschwingungen versetzte Luft der Mundhöhle an ihrem Entweichen aus derselben abhaltender Mundspalte, während die Stimmbänder des Kehlkopfs tönend schwingen, und die Luft durch die Nasengänge entweicht: M.

ZWEITE ABTHEILUNG.

PHYSIOLOGIE.

Akustische Vorbegriffe.

Nachdem wir die Organe kennen gelernt haben, mittels welcher der Mensch die Phänomene hervorbringt, welche im Gehörorgan als Stimme oder Sprache vernommen werden, nachdem wir ferner die Bewegungen, Ortsveränderungen und Gegenstellungen studirt haben, welche jene Organe machen oder erleiden müssen, um zu diesen hörbaren Vorgängen geschickt zu werden, gehen wir jetzt zur Untersuchung dieser hörbaren Vorgänge selbst über, d. h. wir untersuchen, was geschieht, wenn bei gewissen Dispositionen des Kehlkopfs und des Ansatzrohrs mittels des Respirationsorgans Luft durch diese Organe geführt wird, oder: wenn zu den im vorigen Abschnitt beschriebenen Vorgängen noch die Luft als bewegende Kraft oder bewegter Zwischenkörper hinzutritt. Die Untersuchung der Phänomene, welche aus dieser Zusammenwirkung hervorgehen, gehört in das Gebiet der Akustik oder Phonik, deren Elemente wir vor Allem studiren oder ins Gedächtniss uns zurückrufen müssen, bevor wir die hörbaren Vorgänge des menschlichen Stimm- und Sprachorgans gehörig einsehen und erklären können.*)

Zu jeder objektiven, d. h. durch eine ausserhalb unseres Gehörorgans liegende Ursache bewirkten Schallwahrnehmung**) sind zweierlei verschiedenartige Bewegungen erforderlich, eine Reihe rasch einander sukzedirender das molekuläre Gleichgewicht***) eines (oder mehrerer) Körper ändernder Bewegungen (Schwingungen), und eine fortschreitende Bewegung, welche die ersteren zum Gehörorgan leitet.

---

*) Der Leser erwarte im Nachstehenden keine vollständige Darstellung sämmtlicher Lehren der Akustik, indem ich voraussetze, dass derselbe entweder mit den Elementen dieser Wissenschaft schon, soweit dieselben in einer guten Schule gelehrt werden, bekannt ist, oder dass demselben wenigstens ein gutes physikalisches oder speciell akustisches Handbuch zu Gebote steht. Von dergleichen Büchern empfehle ich denen, die eine solche Notiz nicht überflüssig finden, die Lehrbücher der Physik von Eisenlohr, Baumgartner, Pouillet-Müller, Wenck, Cornelius u. a., von Lehrbüchern der Akustik das (sehr vollständige und ausführliche) von Bindseil (Potsdam 1839), die (nach dem Book of Science von Sporschil bearbeitete, freilich etwas dürftige) Anleitung zum Selbststudium der Akustik (Leipzig 1834), die akustischen Briefe von R. Pohl (wenn sie vollständig erschienen sein werden, das 1. Bändchen erschien Leipzig 1853), und ganz besonders (solchen, die Englisch verstehen) die Schrift: Sound and its Phenomena by Dr. Brewer, London 1854, so wie Zamminer die Musik und die musikalischen Instrumente in ihrer Beziehung zu den Gesetzen der Akustik, Giessen 1855. — Zum Nachschlagen ist allenfalls auch Pierer's Universallexikon zu gebrauchen: die physikalischen (namentlich akustischen) Artikel der 2. Auflage desselben sind von mir abgefasst.

**) Zum Unterschied von der subjectiven, bei welcher innere Vorgänge, z. B. abnorme Blutströmungen in gewissen Theilen des Gehörorgans, eine Tonempfindung (Sausen, Klingen) entstehen lassen.

***) Wir gebrauchen einstweilen diesen in der Wissenschaft einmal eingeführten Ausdruck; später werden wir sehen, ob derselbe wirklich das genau bezeichnet, was er soll.

Unter einer das molekuläre Gleichgewicht störenden Bewegung, unter einer **Schwingung**, verstehen wir den Vorgang, welcher eintritt, sobald ein elastischer Körper, mag er seinen Ort dabei verändern oder nicht, durch irgend eine äussere Ursache eine Aenderung der gegenseitigen Lage seiner Moleküle erleidet, wobei dieselben abwechselnd einander genähert und wieder von einander entfernt werden, dergestalt jedoch, dass das Gleichgewicht derselben nach einer längeren oder kürzeren Reihe dieser Wechselzustände wiederkehrt. Wenn ein elastischer Körper an irgend einer Stelle gestossen, gezogen oder gerieben wird, so wird daselbst sein Gleichgewicht, und mit diesem oft auch seine Gestalt, seine Begrenzung u. s. w. geändert, in verschiedener, aber nur vorübergehender Weise. Wird ein massenhafter, nach allen 3 Dimensionen merklich ausgedehnter, elastischer Körper, z. B. ein Gummiball, gestossen, etwa durch Wurf gegen eine Wand, so erleidet er dadurch einen Eindruck oder eine Abplattung, welche sofort nach Aufhören jener Einwirkung sich wieder ausgleicht. Ein hörbares Phänomen ist dabei allerdings wahrzunehmen, doch ohne gerade das Gehörorgan angenehm oder anhaltend zu afficiren. Stossen wir dagegen einen nach zwei Dimensionen ausgedehnten elastischen Körper, der also dergestalt befestigt oder aufgespannt ist, dass er dem Stoss in bestimmter Weise Widerstand leisten kann, z. B. ein Paukenfell, eine Metallplatte, eine Stimmgabel, die Zunge einer Mundharmonika oder Maultrommel u. s. w., so stellt sich in diesen Körpern ein Bewegungsvorgang ein, der von dem des gegen die Wand geworfenen Gummiballs sehr verschieden ist. Wir sehen nämlich, dass der elastische Körper, nachdem er durch den Stoss aus der vorigen Stellung und Lagerung seiner Theile gebracht worden, nachdem z. B. die Metallzunge mit ihrem freiem Ende ein Stück aus ihrer bisherigen Lage geschoben worden, das Paukenfell durch den Klöppel an der geschlagenen Stelle einen Niederdruck erlitten hat, nicht sofort oder augenblicklich in seinen Indifferenz- oder Gleichgewichtszustand zurückkehrt, sondern bis dahin eine länger oder kürzer dauernde Reihenfolge von **Schwingungen**, d. h. Vor- und Rückwärtsbewegungen nach Art der Pendel, wahrnehmen lässt. Dasselbe geschieht, und zwar noch deutlicher, wenn ein nach nur einer Dimension vorzugsweise ausgedehnter elastischer Körper (z. B. eine Darmsaite) in einer Lage, wo er seine Elasticität gehörig geltend machen kann (im Zustande der Anspannung), durch Zupfen oder Streichen aus seinem Gleichgewicht (d. h. aus seiner geraden Richtung) gebracht wird. Alle diese Vorgänge sind mit einem regelmässigen Schallphänomen begleitet, d. h. es entsteht dabei ein Eindruck auf unser Gehörorgan, den wir als **Ton** empfinden oder hören. Das Schallphänomen, das wir beim Anwerfen des Gummiballs wahrnahmen, ist kein Ton, sondern ein **Geräusch**, weil hier keine andauernde Reihenfolge gleichartiger Schwingungen in der Masse des Balles erfolgte, sondern die Rückkehr zum vorigen Gleichgewichtszustande in einer andern, gleichsam roheren Weise stattfand. Ebenso erfolgt kein Ton, sondern nur ein Geräusch, wenn wir die an den Gaumen gedrückte Zunge plötzlich abreissen, weil hier wegen Mangels der Bedingungen zu einer hinlänglichen Sukzession gleichförmiger Schwingungen (in der Zunge sowohl, als auch am Gaumen) nur einige in verschiedenen Intervallen und an verschiedenen Punkten dieser Organe erfolgende Gleichgewichtsstörungen mit nachfolgenden nicht minder verschiedenartigen Ausgleichungen eintreten. Dagegen entsteht sofort ein Ton, sobald ein in höherem Grade elastischer von Natur oder durch Kunst

gespannter Körper durch einen äussern Eindruck aus seiner Indifferenzlage abgelenkt wird und er in dieselbe wieder zurückzukehren strebt. Was dabei am und im tönenden Körper vorgeht, müssen wir jetzt etwas genauer betrachten, damit wir eines Theils erfahren, worauf die Tonbildung selbst wesentlich beruht, mag sie auf die eine oder die andere Art, in einem festen, weichen oder luftförmigen elastischen Körper erfolgen, andern Theils, welches die Umstände sind, durch welche die Tonbildung gestört, unrein gemacht (in Geräuschbildung umgeändert) oder völlig aufgehoben wird.

Jede Tonbildung ist eine Funktion der Elasticität, d. h. des Bestrebens, nach einer durch äussere Kraft ohne Trennung des Zusammenhangs erfolgten Verschiebung der Theilchen des Körpers den vorigen Zustand der Kohäsion und die vorige Anordnung der Theilchen von selbst wieder anzunehmen. Da nun fast jeder Körper einigermaassen elastisch ist, so sind auch die meisten Körper fähig, unter Umständen Töne zu bilden, ein Tonwerkzeug zu werden. Der elastische Körper muss nur in diejenigen Um- oder Zustände gebracht werden, in welchen er fähig ist, seine Elasticität, und wäre sie noch so gering, geltend zu machen. Manche Körper sind in dem Zustande, wie sie sich uns darbieten, schon so beschaffen, dass sie ohne weitere Vorbereitung als Tonwerkzeuge oder besser als Tonkörper dienen können. Ueber den Begriff Tonwerkzeug oder Instrument werden wir uns später deutlicher zu erklären Gelegenheit nehmen. Solche natürliche Tonkörper oder Tonwerkzeuge sind namentlich die starren Stäbe, dünne Messing-, Silber- oder Kupferplatten oder dergleichen Streifen, pflanzliche mit durchbohrten Septa versehene Rohrglieder, manche Felsenspalten u. s. w. Andere Körper müssen erst in eine Lage versetzt werden, in welcher ihre Elasticität wirksam werden kann. Ein natürliches Stück Kautschuk muss zur Membran ausgetrieben werden, diese Membran (an deren Stelle wir auch ein Kalbfell, einen Riemen, ein Stimmband u. s. w. setzen können) muss aufgespannt werden, damit man ihre Molekularbewegungen gehörig und nach Belieben hervorrufen und messen kann. Ein Darm muss zusammengedreht werden, so dass ein Faden (Saite) daraus wird. Eine Flüssigkeit lässt man zu einer krystallisirten, festen Platte sich verdichten. Eine sehr schlaffe, an sich schlecht elastische Membran spannt man durch Gewichte nach zwei oder mehrern Richtungen an. Alle diese Vorbereitungen haben also hier den Zweck, die Hauptfunktion der Elasticität, d. h. die Aenderungen der Kohäsion und Expansion des Körpers, im höchstmöglichen und möglich wirksamsten Grade zur Geltung zu bringen. — Wenn die atmosphärische Luft (oder, obwohl nur ausnahmsweise, eine andere Gasart) als Tonkörper wirken soll, so muss sie so begrenzt oder eingeengt werden, dass sie die Phänomene ihrer abwechselnden Kompression und Ausdehnung ungehindert zur akustischen Wahrnehmung kommen lassen kann. In dieser Hinsicht bezeichnet man nicht die Luft selbst, obwohl sie das eigentlich Tönende ist, sondern den zu ihrer Begrenzung oder Einengung konstruirten festen Körper als das Tonwerkzeug, an das sich überhaupt immer der Begriff eines festen Körpers knüpft.

Der eigentlich oder wesentlich tonbildende Vorgang in und an einem elastischen Körper ist eine hinlänglich rasch vor sich gehende Folge von Ausdehnung und Wiederzusammenziehung, mag dieselbe von einer sichtbaren Form- oder Lageveränderung der einzelnen Theile des Körpers begleitet sein oder nicht. Bei festen durch Steifung elastischen Körpern (starren

Stäben, Metallzungen, Glocken u. s. w.) wird dieser Vorgang durch eine äussere Ursache erzeugt, welche eine Krümmung des Körpers hervorruft. Bei jeder Krümmung wird im ersten Moment auf der einen Seite (*a*) eine Verdichtung der Moleküle, auf der andern (*b*) eine Ausdehnung derselben bewirkt, im zweiten Moment wird der Körper wieder gerade, um sofort im dritten Momente auf *a* wieder eine Ausdehnung, auf *b* eine Verdichtung eintreten zu lassen, welche beiden Wechselverhältnisse so lange mit abnehmender Exkursionsweite (d. h. Abstand zwischen *c* und *d*) sich wiederholen, bis der Zustand der Ruhe oder des Gleichgewichts zurückgekehrt ist. Die wesentliche Ursache des Tons, den also z. B. die Metallzunge einer Mundharmonika bildet, liegt vorzugsweise an der Stelle, welche am stärksten bei den Schwingungen oder Ablenkungen aus ihrer Indifferenzlage, welche der eingeführte Luftstrom bewirkt, gekrümmt wird, also in der Nähe der Aufnietung, während gerade die Partien der Zunge, die am meisten sich sichtbar bewegen, am weitesten exkurriren, am wenigsten oder gar nicht zur Tonbildung beitragen. Aus diesem Grunde ist auch die Stimmgabel so konstruirt, dass der Stiel derselben, welcher bei Aufstellung auf einen festen Körper den Ton am koncentrirtesten wiedergiebt, gerade an der Stelle sitzt, in welcher die molekulären durch den Anschlag hervorgerufenen Gleichgewichtsstörungen am lebhaftesten vor sich gehen. Wäre W. Weber's Theorie, dass die von solchen platten- oder zungenförmigen Körpern gebildeten Töne durch die Schläge entstehen, welche dieselben bei ihren Exkursionen gegen die umgebende Luft machen, richtig, so wäre nicht recht einzusehen, warum die schwingende Stimmgabel mit ihrem Stiel auf ein ans Ohr gehaltenes Stethoskop gesetzt einen verhältnissmässig volleren, kräftigeren Ton giebt, als wenn man die Schenkel derselben in die Vertiefung eines in ähnlicher Weise mit dem Ohr verbundenen Hörrohrs bringt. Noch schlagender ist folgender von mir angestellter Versuch. Ich nahm, um gerade an weniger elastischen und weniger voluminösen Körpern das gedachte Gesetz nachzuweisen, von einer Gänsefederfahne die obere (konvexe) glatte Schicht weg, und präparirte sie so, dass daraus eine Zunge von etwa 1'' Länge und 1''' Breite wurde. Diese Zunge (Fig. 78 *b*) steckte ich etwa 4''' tief in einen Korkstöpsel (*a*), welchen ich in die enge Ausmündung eines Lännec'schen Stethoskops (älterer Form) steckte, worauf ich das andere Ende desselben, ohne den Obturator, vor das Ohr hielt, und nun die am andern Ende befindliche Federzunge mit der Fingerspitze in schwingende Bewegung versetzte. Ich hörte dabei einen, wenn auch nicht schönen, doch deutlichen und bestimmbaren Ton (*es*), der besonders deutlich hervortrat, wenn die Zunge etwa in ihrer Mitte vom Finger geschnippt wurde. Nun nahm ich den Kork mit der Zunge heraus, armirte mein rechtes Ohr mit einem sehr wirksamen Hörrohr*) mit geräumigem Pavillon, der am Ausgange

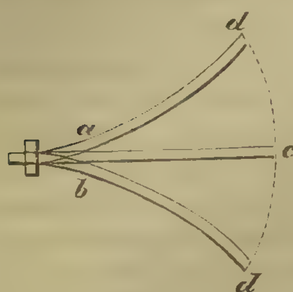


Fig. 77.

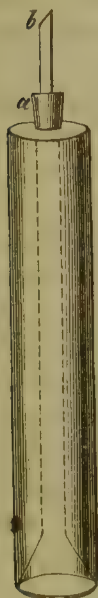


Fig. 78.

*) Kein Stethoskop, sondern ein trompetenartiges Messinginstrument für Schwerhörige.

fast 3'' Durchmesser hatte. In diesen Hohlraum hielt ich die Zunge so tief, als es die Weite der Exkursionen derselben bei Vermeidung der Berührung der Hörrohrwände gestatteten. Beim Schwingen dieser so disponirten Zunge vernahm ich wohl ein vom Reiben des Fingers herrührendes Geräusch, aber weder von einem dem bei voriger Vorrichtung vernommenen entsprechenden Tone, noch von irgend einem lufttonartigem Phänomene war etwas wahrzunehmen. — Bei dehnbar elastischen Körpern, bei welchen erst durch Spannung die Funktionen der Elasticität hervortreten, findet, ausser der Seitenkrümmung, auch eine Verlängerung während der Exkursion, wenn sie in einem freien Raume hin und her schwingen, statt, die auf der Höhe dieser Exkursion am grössten ist, worauf sie (während der Rekursion) allmälig wieder abnimmt, bis der schwingende Körper zu der seinem Ruhezustande entsprechenden Länge zurückgekehrt ist, um sofort nach entgegengesetzter Richtung von neuem zu exkurriren und dabei sich zu verlängern.

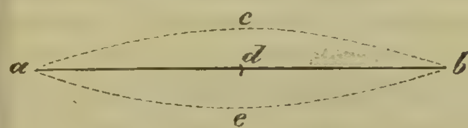


Fig. 79.

Wird die Saite *ab* in *d* vom Finger pizzicato gefasst und so bis *c* abgelenkt, hierauf sich selbst überlassen, so bewegt sie sich durch *d*, in welcher Lage sie wieder ihre Indifferenz-Länge hat, nach *e*, kehrt dann wieder nach *c* zurück, um die erstere Bewegung von neuem zu beginnen und so lange mit allmälig abnehmender Exkursionsweite zu wiederholen, bis in Folge der von aussen hemmend einwirkenden Einflüsse Ruhe eingetreten ist. Man nennt diesen Vorgang, wo die Saite von *c* nach *e* vorwärts und von *e* nach *c* zurück sich bewegt, gewöhnlich eine Welle, die dabei stattfindende Bewegung eine Wellenbewegung; wir werden bald auf diesen Vorgang und seine Gesetze zurückkommen. Auch hier geschieht die Tonbildung und zwar noch weit unverkennbarer, als bei den vorhin betrachteten Tonkörpern, nicht durch diese sichtbare Wellenbewegung an sich, sondern durch die dabei stattfindende und dadurch erzeugte wechselnde Molekularstörung, die hier also eine doppelte ist, indem zu der bei den starren Zungen allein stattfindenden seitlichen Verdichtung und Ausdehnung*) der Moleküle noch eine Entfernung derselben von einander mit nachfolgender Wiederannäherung hinzutritt. Dass hier die Schläge, welche die umgebende Luft von der Saite erhält, noch weit weniger, als bei einer starren Zunge, zur Tonbildung beitragen können, liegt auf der Hand. Ebenso verhält es sich, wenn eine elastische Membran, welche viel länger ist, als breit, an beiden Enden so aufgespannt ist, dass sie auf einen gegebenen Impuls frei schwingen kann. Auch hier summiren sich die bei ihren Exkursionen und Rekursionen stattfindenden Verlängerungen und Verkürzungen zu einem tongebenden Vorgange, ohne dass dabei den Schlägen, welche die umgebende Luft erleidet, ein sonderlicher tonerzeugender Einfluss beizumessen wäre. Nur wenn zwei elastische Bänder so neben einander gestellt werden, dass eine sogenannte Stimmritze entsteht, durch welche die Luft, welche erstere in Schwingungen versetzt, zu streichen genöthigt wird, kann unter

*) Allerdings ist damit auch eine geringe Abweichung (Verlängerung) der an der gebildeten Konvexität gelegenen Theilchen, so wie eine Andrängung (Verkürzung) der an der Konkavität liegenden verbunden, allein die Länge des Tonkörpers im Ganzen wird nicht geändert.

gewissen Umständen auch die Luft gleichzeitig als Tonkörper wirken, wie wir später sehen werden. Soll die Luft primär oder selbstständig als tönender Körper auftreten, so muss sie ebenfalls in ein solches Verhältniss gebracht werden, dass in ihr an einer und derselben Stelle Verdichtungen und Verdünnungen in gehörig rascher und regelmässiger Sukzession abwechseln. Man erreicht dies dadurch, dass man einen bis zu einem gewissen Grade komprimirten Luftstrom ein neues Hinderniss in den Weg stellt, während man ihm gleichzeitig Raum giebt, sich vor oder neben dieser Stelle wieder auszudehnen, und zugleich dafür sorgt, dass die verdichtete und die ausgedehnte Luftportion entweder (in kurzen, sich freiöffnenden Pfeifen) sich in einem engen Raume durchkreuzen und dann in die freie Luft ausfahren, oder dass (in Cylinderpfeifen) die auf gedachte Weise entstandenen Schallwellen von einem cylindrischen Hohlraum aufgenommen und in diesem zur Bildung einer oder mehrerer fortschreitenden Wellen Anlass gegeben wird. Wir wollen diese in der Luft stattfindenden Vorgänge Luftwellen nennen, während die analogen Molekularveränderungen fester Körper (nach Cagniard la Tour's Vorgange) Solidarwellen genannt werden können. Ist der schwingende Körper selbst fest, enthält er aber viel Flüssigkeit zwischen seinen festen Molekülen, so nennen wir dessen Schwingungen fluido-solidare.

Die Luftwellen nennt man auch vorzugsweise Verdichtungs- und Verdünnungswellen, während man die Solidarwellen, wenn sie einen fadenoder flächenförmigen aufgespannten Körper betreffen, Beugungswellen, wenn sie in einem starren Körper stattfinden, Molekularwellen nennt. Man nahm bei diesen Benennungen vorzugsweise auf die äussern Vorgänge Rücksicht, bei der Luft auf die bei jedem eine Wellenbewegung in ihr bewirkenden Impulse sich manifestirenden Wirkungen ihrer Kompressionselasticität, bei den Saiten und Membranen auf die durch den Impuls bewirkte Ablenkung oder Ausbeugung derselben aus ihrem Gleichgewichtszustand, bei den starren Körpern auf die Verschiebung ihrer Moleküle. Jedenfalls ist aber das, was gewöhnlich Wellenbewegung genannt wird, von dem eigentlichen, tonbildenden Vorgange zu unterscheiden. Die mehr oder weniger sichtbare Wellenbewegung, die Exkursionen und Rekursionen des schwingenden Körpers sind nur das Mittel zur specifischen Tonerregung, sie wirken nur die wesentlich tongebenden abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen der Moleküle erregend. Eine Tonwelle, wenn anders dieser Ausdruck für diesen Vorgang statthaft ist, hat nur in freier Luft eine bestimmte, sich gleichbleibende, regelmässig kugelförmige Gestalt und für eine bestimmte Zeitdauer auch eine bestimmte Grösse oder Durchmesser; in allen begrenzten Körpern richtet sich die Gestalt der Welle nach den Dimensionen der Körper, nach dem Grade ihrer Dichtigkeit und Elasticität, abgesehen von der Intensität und Schnelligkeit des tonerregenden Impulses.

In einem Hohlcylinder, der zur Erzielung musikalisch brauchbarer Luftwellen allein geeigneten Form, entsteht der Ton entweder dadurch, dass ein hindurchgeblasener Luftstrom darin fortwährend an einer hinlänglich verengten Stelle verdichtet wird, so dass seine einzelnen Bündel oder Strahlen hier in später genauer zu beschreibenden Weise durcheinander treten, nach welchem Durchtritt wieder ein Auseinanderfahren, also eine Verdünnung erfolgt. Die Stelle, wo hier die Tonbildung erfolgt, bleibt immer, so lange der eingeblasene Luftstrom seine Eigenschaften nicht verändert, dieselbe, aber das Tonmaterial, das hier verdichtet wird, wird fortwährend erneuert, durch

diese Stelle hindurch bewegt; es findet daher ein Blasen statt, was eben die Erneuerung der abwechselnden Verdichtung und Verdünnung der in Bewegung begriffenen Lufttheilchen unterhält. Die Schwingungen stehen, aber das, was schwingt, geht vorwärts, ohne wieder zurückzukehren. Es gehören hierher alle Blasinstrumente, welche mit Zungenanspruch intonirt werden, auch das menschliche Stimmorgan. Wir kommen später auf diese Art der Tonbildung zurück. Oder der tonerregende Luftstrom wird nur an einer Kante des Cylinders in schiefer Richtung halb vorbei-, halb hineingeblasen, so dass er gebrochen, verdichtet und unter einem gewissen Winkel in den Cylinderraum geworfen wird.

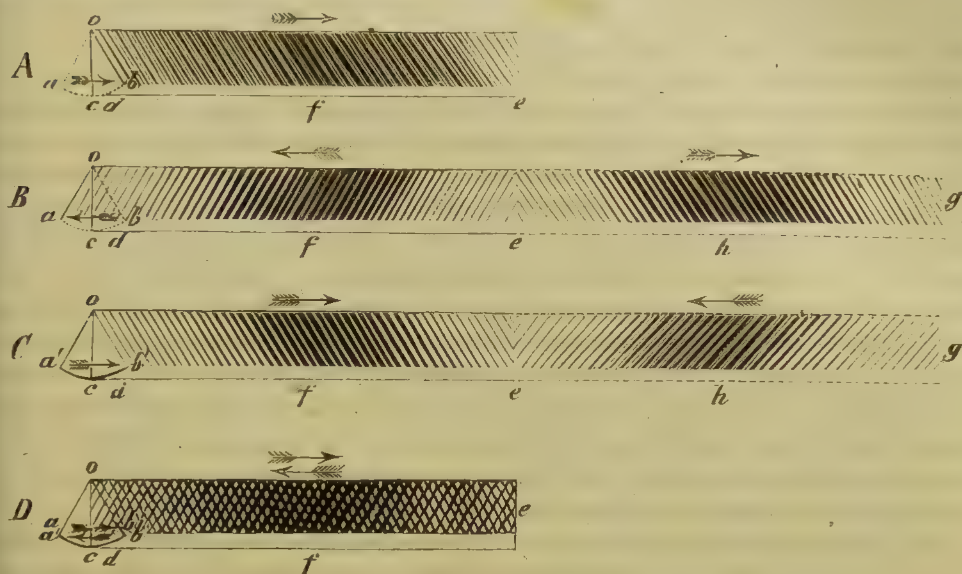


Fig. 80.

Stellen wir uns in Fig. 80. A. die Wirkung dieses primär tonerregenden Luftstroms als eine pendelartige Bewegung, die von *a* nach *b* vorwärts und dann von *b* nach *a* rückwärts geht, vor, und denken wir uns den Stoss, den dieser Pendel ausübt, so beschaffen, dass die ganze Luftsäule des Cylinders in derselben Zeit, in welcher der Pendel von *a* nach *b* geht, davon erschüttert wird, so werden während jener von *a* nach *b* gehenden Bewegung die Theilchen der in *de* eingeschlossen Luftsäule hintereinander eine ähnliche Bewegung, die nach *e* geht, erleiden, welche in *f* eben so am meisten*) beschleunigt sein muss, als bekanntlich die von *a* nach *b* gehende in *c* beschleunigt ist. Der Stoss, den die zwischen *d* und *e* liegenden Lufttheilchen oder Luftschichten erlitten, pflanzt sich aber, während jene primäre Pendelbewegung im zweiten Moment (Fig. 80. B.) von *b* nach *a* zurückgeht, dem Gesetz der Trägheit gemäss, auf die ausserhalb des Cylinders zwischen *e* und *g* liegenden Lufttheilchen fort, wobei die im ersten Moment getroffenen Lufttheilchen *d*–*e*, um die jetzt durch die Verlängerung dieses Raums, der jetzt zwischen *a* und *e* liegt, entstandene Verdünnung wieder auszugleichen, eine von *e* nach *d* gehende Rückwärtsbewegung machen, die wiederum in *f* am

*) In der Figur durch stärkere Striche ausgedrückt.

meisten beschleunigt ist. So ist die zu Anfang des ersten Moments in *d* begonnene Stossbewegung zu Ende des zweiten Moments, wo der Pendel wieder nach *a* gelangt ist, bis *g* gelangt, und auf diese Art die erste Wellenbewegung vollendet, an welche sich, wenn der Pendel wieder von *a* nach *b* vorschwingt, eine zweite anschliesst und so fort. Man sieht aus dieser Darstellung, dass die Länge einer solchen Welle doppelt so gross sein muss, als der Cylinder lang ist. Macht nun der Pendel, den wir uns auch als eine in *o* befestigte starre Zunge vorstellen können, einen zweiten Vorgang von *a'* nach *b'* (C), so werden die Luftschichten des Cylinders wieder eine Vorwärtsbewegung nach *e* zeigen, während die der anstossenden freien Luftsäule von *g* nach *e* zurückweichen. Ist endlich der Cylinder an seinem Ende *e* gedeckt (D), so wird schon von der zweiten Schwingung an die vorwärtsgehende Bewegung der Lufttheilchen mit der rückwärtsgehenden zusammenfallen und dadurch eine Verlangsamung beider Bewegungen um das Doppelte eintreten müssen. Daher geben gedeckte (gedackte) Orgelpfeifen caet. par. einen eine Oktave tiefern Ton, als ungedeckte. — Die Luftschicht, welche in *e* zwischen den vor- und rückwärts sich bewegenden Lufttheilchen liegt, und in welcher aus diesem Grunde die Bewegung gleich Null ist, nennt man die Knotenfläche. Eine solche Knotenfläche muss also bei jeder in einer Luftsäule vor sich gehenden Wellenbildung vorhanden sein: es können aber auch zwei und mehrere dergleichen Knotenflächen in einem Cylinder sich bilden, wenn der primäre Schallwellenimpuls ein solcher ist, dass er auf einmal nur die Hälfte oder den dritten Theil des Cylinders durchlaufen kann. In schwingenden Flächen bilden sich unter ähnlichen Umständen Knotenlinien, auf welchen aufgestreuter Sand liegen bleibt, wenn sie in Schwingungen versetzt worden sind; in schwingenden Saiten Knotenpunkte.

Noch einen Punkt hinsichtlich der Grundbedingungen der Tonbildung haben wir ins Auge zu fassen Die Aeusserungen der Elasticität eines Körpers treten am häufigsten hervor entweder auf eine primäre Kompression oder auf eine primäre Extension desselben, und wir unterschieden demzufolge (S. 116) kompressibele und extensibele Körper, oder Körper mit Kompressions- und Extensionselasticität. In der Mitte stehen die nur biegsamen, nicht ausdehnbaren Körper. Zu ersteren gehören namentlich die Gase, also auch die atmosphärische Luft*); zur zweiten Klasse die elastischen Saiten und Membranen, welche sich nach einer oder zwei Dimensionen ausdehnen lassen; zu letztern die starren, biegsamen Stäbe und Platten. Kein Körper vermag zu einer Tonbildung Anlass zu geben, wenn er durch einen sich nicht rasch genug wiederholenden Stoss bloss komprimirt worden ist: er nimmt nach Aufhören des Impulses seine vorige Gestalt wieder an, ohne freiwillig von neuem sich zu komprimiren. Ein Schallphänomen kann hier nicht anders stattfinden, als wenn der Stoss auf den Körper in hinlänglich rascher Sukzession sich wiederholt. Es gehört hierher z. B. das Knarren einer Thürangel, das Feilen, der elektrische Hammer u. s. w. Bei allen Tonphänomenen, die mittels einer Luftsäule bewirkt werden, ist die Kompression derselben das primär tonerregende Element. Bei den dehnbar-elastischen Körpern da-

*) Diese bedingt auch in vielen sehr porösen Körpern oder Aggregaten die Kompressibilität, z. B. in Schwämmen, Federbetten, in den thierischen Lungen u. s. w.

gegen (Saiten, Membranen, starren nicht schwebenden Flächen, elastischen gespannten Zungen) ist zur Erregung einer stehenden Wellenreihe allemal eine Verlängerung, Ausdehnung, deren Richtung zur Spannungsrichtung senkrecht sein muss, das erste Erforderniss. Hier findet der Unterschied statt, dass ein einmaliger, ausdehnender Impuls hinreicht, eine ganze Reihe tonfähiger Schwingungen zu erregen, ebenso wie ein Pendel auf einen Anstoss viele Schwingungen macht. Bei den starren Stäben und Zungen, die nur an einem Ende befestigt sind, findet, wie schon früher erwähnt, beim Schwingen auf der einen Seite oder Fläche eine Ausdehnung, auf der andern (entgegengesetzten) eine entsprechende Kompression der Moleküle statt. Man kann daher die in einer Luftsäule bewirkten Tonphänomene Verdichtungstöne nennen, die Töne der an zwei oder mehreren Stellen gespannten Saiten, Membranen oder Zungen Verdünnungstöne, da das primäre Motiv der Tonerregung bei ersteren eine Verdichtung, bei letztern eine Verdünnung (Verlängerung), welcher keine Verdichtung oder Verkürzung über, nur eine Rückkehr zu dem anfänglich gegebenen Spannungszustand nachfolgt, darstellt.

Ausserdem unterscheidet man bekanntlich die Schallschwingungen in transversale, longitudinale und drehende. Diese Unterschiede haben für die Tonwellen so gut wie gar keine Bedeutung, doch müssen wir davon sprechen, weil sie, einseitig aufgefasst, zu grossen Irrthümern und Missverständnissen Anlass geben können. So spricht man, wenn eine Saite hin und her schwingt, von Transversalschwingungen, und man hat damit, insofern man den Vorgang sichtbar auffasst, allerdings Recht. Fasst man aber diesen Vorgang hörbar auf, und untersucht man den Sitz der Tonbildung genauer, so entdeckt man hier als wesentliche Bedingung derselben Longitudinalschwingungen, nicht die Transversalschwingungen. Denn bei diesen Schwingungen werden, wie wir gesehen haben, die einzelnen Theilchen der Saite abwechselnd verlängert und wieder verkürzt, auf welchem Vorgang ja das ganze Tonphänomen beruht: die Moleküle der Saite schwingen also nach der Länge der Saite, nicht zu derselben senkrecht oder transversal Doch geht diese Schwingungsrichtung, wie Pellisov*) gezeigt hat, nicht genau longitudinal, sondern etwas drehend. Ebenso sind die sichtbaren oder wenigstens durch einen in dieser Richtung wirkenden Mechanismus hervorgerufenen Longitudinalschwingungen (z. B. eines Stabs, einer Glasröhre u. s. w.) immer von Querschwingungen begleitet, durch welche Knotenlinien erzeugt werden. Ja selbst die sichtbaren Transversalschwingungen sind wegen der Torsionselasticität und wegen der in den meisten Körpern nach den verschiedenen Richtungen ungleichen Elasticität schon in den meisten Saiten ungleich gekrümmt, schlangenförmig oder halbgewunden, noch mehr in elastischen Membranen und Stäben. An Membranen, starren Zungen und Platten von einiger Dicke entsprechen die Exkursionen und Knotenlinien der einen Fläche den der andern nicht, meist liegt hier eine Schwingungsintensitätstelle einer Knotenlinie gegenüber, so dass ein solcher schwingender Körper im Durchschnitt

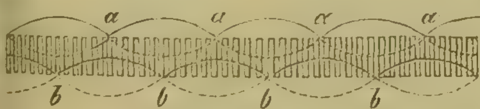


Fig. 81.

*) Schweigger's Journ. 67. 169.

etwa so aussehen würde, wie in Fig. 81., wo *a a a a* die Knotenliniendurchschnitte der obern, *b b b b* die der untern Fläche bedeuten. Könnte man ein Mittel erfinden, gleichzeitig die Knotenlinien beider Flächen schwingender Scheiben und Membranen sichtbar zu machen, so würde man gewiss zu interessanten Resultaten gelangen. Jedenfalls sind die Molekularschwingungen fester, starrer sowohl als durch Spannung elastischer Tonkörper nach ihrer Gestalt, Form und Anspruchsweise sehr verschieden und noch bei Weitem nicht so vollständig untersucht, wie es zu wünschen wäre. Im Folgenden werden wir ausser den bisher bekannten Oscillationsrichtungen noch eine neue, die latitudinale, kennen lernen, welche an elastischen Bändern vorkommt, wenn der intonirende Luftstrom gegen die eine Kante parallel zur Flächenebene auffällt.

Dies sind die Grundbedingungen der Tonbildung; alles Uebrige wirkt nur auf die Form oder das Aeussere des Tones, giebt also dem Tone seine verschiedenen Eigenschaften Zuerst wollen wir aber noch Einiges über die Modifikationen der Tonbildung bemerken. Es kommt in der Natur wohl nie oder höchst selten vor, dass ein Ton vollkommen einfach gebildet wäre, d. h. dass zu seiner Erzeugung eine einfache Reihe von gleichartigen Verdichtungen und Verdünnungen eines zu diesem Zwecke vollkommen tüchtig funktionirenden elastischen Körpers, und nichts Weiteres, wirkte. Denn wir dürfen nicht übersehen, dass immer ein Körper vorhanden sein muss, welcher jene tongebende Molekularbewegung des elastischen Körpers durch seine eigene Bewegung erst hervorruft. Zu jeder Tonbildung gehört also nicht nur ein tonfähiger Körper (*a*), sondern auch ein anderer (*b*), welcher ersterem den Impuls zu seiner Funktion giebt. Bei diesem Impuls erleidet der Körper *b* natürlich auch einen Stoss vom Körper *a*, welcher tönen soll. Ist nun *b* gleichfalls in ziemlichem Grade elastisch, so giebt er bei diesem Zusammenstoss auch einen mehr oder weniger vernehmlichen Schall, der sich mit dem Tone des Körpers *a* verbindet, und ihm in der Regel dadurch einen besondern Klang, eine eigenthümliche „Färbung“ giebt. So klingen die Pianofortetöne anders, als die Töne des Kielflügels, oder die der Harfe, und zwar besonders deshalb, weil im erstern Falle die Saiten durch weichbelederte Hämmer, im zweiten durch Rabenfederkiele, im dritten durch die Fingerkuppen intonirt werden. Elastische Membranen geben einen andern Ton, wenn sie durch einen Strom von Kohlensäure oder Wasserstoff, als wenn sie durch atmosphärische Luft intonirt werden. Eine Metallglocke klingt anders, wenn der Klöppel von Metall, als wenn er von Holz ist. In der Regel sucht man ein besonderes, auffallendes Mittönen des schlagenden oder streichenden Körpers zu vermeiden; zuweilen wählt man ihn aber absichtlich von der Art, dass die Klangfarbe des eigentlichen Tonkörpers dadurch specifisch modificirt wird. Eine weitere Modifikation erwächst dem zu erzeugenden Tone daraus, ob der den Impuls gebende Körper momentan oder stetig wirkt, ob derselbe schlägt oder streicht (reibt). Bekanntlich beruht ja der Hauptunterschied der musikalen Instrumente überhaupt auf dieser Verschiedenheit des Impulses. Zur ersten Klasse der Instrumente, die durch Schläge intonirt werden, gehören das Pianoforte, die Guitarre, das Hackebret, der Triangel, die Glas- und Holzharmonika, die Pauken, Trommeln, Becken, Glocken u. v. a. Zur zweiten Klasse gehören alle übrigen Instrumente, mögen ihre Tonkörper durch das Streichen oder Reiben eines Bogens oder eines Luftstroms intonirt werden. Was z. B. bei der Pizzicato-In-

tonirung einer Violinsaite einmal, momentan geschah, das geschieht beim Streichen dieser Saite mittels des Bogens viele male hintereinander: das beharzte Bündel von Pferdehaaren, das am Bogen aufgespannt ist, klebt an der Saite für einen Moment an, reisst im nächsten Moment ab, klebt im dritten wieder an, worauf es im vierten wieder abreisst, und so wechselt Anhaftung (Exkursion, Verlängerung) und Abreissung (Rekursion, Verkürzung) in sehr schneller Aufeinanderfolge so lange ab, als der Bogenstrich dauert. Bei dieser Anspruchsweise ist es nicht einmal nöthig, dass beide Körper, der ansprechende und der angesprochene, einen sonderlichen Elasticitätsgrad besitzen, um diesen Vorgang zu einem wirklichen Tonphänomen zu gestalten. Es reicht schon eine mit bestimmter Schnelligkeit vor sich gehende Sukzession kleiner, aber gleichartiger und an einer und derselben Stelle erfolgender Stösse, deren jeder an sich nur ein kurzes Geräusch giebt, hin, um dieselben zu einem Ton zu summiren, wenn gleich ein solcher Ton nicht immer musikalisch verwendbar sein dürfte. Am auffallendsten und verschiedenartigsten sind diese Reibungsphänomene an den elastischen (gespannten sowohl als erschlafften) Bändern mittels der an ihnen vorbei oder zwischen sie durchgetriebenen atmosphärischen Luft. Ohne unsern spätern Untersuchungen dieser Vorgänge vorgreifen zu wollen, bemerken wir hier nur, dass die Bildung der einzelnen Wellen bei der Intonirung durch Streichen eine unvollkommnere ist, als beim Stosse oder momentanen Zuge (Pizzikation). Durch den fortwährenden Zug des Bogens oder Druck des Luftstroms verharrt hier die Saite oder das Band fortwährend auf einem gewissen Grade der Ablenkung, ohne vollständige Rekursionen machen zu können: oft gelangt der Tonkörper bei seinen Rückschwingungen nicht einmal bis zur Gerade- oder Ebenstellung, sondern beschreibt auch zu Ende der Rekursion noch eine Kurve. Wenn die in *a* und *b* befestigte elastische Membran durch einen in der Richtung des Pfeiles blasenden Luftstrom in Schwingungen versetzt wird, so werden die Schwingungen etwa nur in dem zwischen *a r b* und *a e b* liegenden Raume stattfinden, wobei *e* die Gränze der Exkursionen, *r* die der Rekursionen bezeichnen soll. Dieser Umstand wirkt, wie wir später genauer betrachten wollen, etwas beschleunigend auf die Schwingungen, also tonerhöhend.

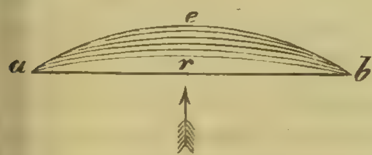


Fig. 82.

Beim Streichen oder Reiben kommt es ferner auf die Richtung an, in welcher dasselbe geschieht, ob transversal oder longitudinal. Wird z. B. eine aufgespannte Saite der Länge nach gerieben, so giebt sie einen weit höhern Ton, als wenn sie auf die gewöhnliche Weise, also transversal, gestrichen wird. Bei den Versuchen, welche ich zu diesem Zwecke an den Saiten eines flügelförmigen Pianoforte (deutscher Mechanik) anstellte, fand ich, dass der durch Reiben erhaltene Ton in der Regel drei Oktaven höher lag, als der Schlagton, bei den Contra-Saiten war der Unterschied noch etwas grösser. Alle diese hohen Längentöne kommen durch Aliquotschwingungen der Saite zu Stande, indem das Reiben ein zeitlicher Vorgang ist, der nur einen Theil der Saite auf einmal ausdehnen kann, während beim exkursiven Schwingen alle Theile der Saite auf einmal ausgedehnt werden. Dasselbe gilt wohl auch im Allgemeinen von den Longitudinalschwingungen starrer Stäbe und Röhren, wo sich die Aliquottheilung nicht

nur der Länge, sondern auch der Dicke und Fläche nach geltend machen muss.

Endlich kann ein Tonvorgang durch einen schon vorhandenen hervorgerufen und beide dann als ein einziger vernommen werden. In der Regel ist es hier ein sogenannter Zungenton, welcher sich mit einem Luftton kombinirt. Alle mit selbsttönendem Ansatzrohr versehenen Zungeninstrumente (Klarinette, Oboe, Fagott, Serpent), so wie sämmtliche Messingblasinstrumente, bei welchen die Lippen des Bläsers den Zungentonvorgang erzeugen, gehören hierher. Oder es bringt ein Kantenluftton (s. den folgenden Abschnitt) im anstossenden Ansatzrohre einen Cylinderluftton zu Wege, der sich mit ersterem verbindet. Hierher gehören sämmtliche Flöten- und Labialpfeifen, die Panpfeife u. s. w. Ersteren Ton können wir auch den Mundstück- oder Anspruchston, letzteren den Ansatzton nennen. Kein Ansatzton ist ohne einen Anspruchston erregbar, wohl aber ein Anspruchston (der hier besser Mundstückton genannt wird) ohne einen Ansatzton. Wir werden jedoch im Folgenden sehen, dass es in manchen Fällen zur Erzeugung des Anspruchs- oder Mundstücktons wenigstens eines Vorsetz- oder Windrohrs bedarf, wenn auch in demselben keine vorläufige Schallwellenbildung vor sich geht*).

Was die Form oder das Aeussere des Tones, also seine Eigenschaften anlangt, so haben wir hier zu unterscheiden Grösse, Schärfe, Stärke, Höhe, und Klang (oder Klangfarbe) des Tones. Alle sonst in der Musik vorkommenden Bezeichnungen gewisser Tonqualitäten, Nüancen u. s. w. lassen sich auf diese Grundeigenschaften des Tons oder der Töne zurückführen. Wir wollen zuerst diese Eigenschaften des Tons nach ihren ursächlichen Bedingungen einzeln vorführen, und hierauf die wichtigsten Tonmodifikationen betrachten, welche aus der Zusammenwirkung derselben hervorgehen.

1) Grösse, auch Fülle, Ausgiebigkeit oder Dicke des Tons genannt. Diese Toneigenschaft hängt ab von der disponibeln Quantität oder der Masse des in stehende Schwingungen oder besser abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen versetzbaren Materials oder Tonkörpers. Eine dicke Darm- oder Metallsaite giebt daher, abgesehen vorläufig von der Tonstufe, einen grössern, volleren Ton, als eine dünne; eine lange Saite tönt voller, als eine kurze; eine dicke Stimmgabel, eine grosse Glocke zeigt denselben Unterschied gegen ein dünnes oder kleineres Instrument derselben Art. Ebenso geben mehrere Violinen zusammen einen grössern Ton, als eine; weil aber eine Violine allein einen kleinern Ton giebt als ein Violoncello oder gar ein Bass, so müssen im Orchester die Violinen in grösserer Zahl vorhanden sein, als die Cello's und Bässe. — Dadurch, dass sich die primären Molekularschwingungen auf andere Körper überleiten lassen, welche dabei in Mitschwingungen versetzt werden, hat man ein Mittel gefunden, einen von vornherein kleinen, dünnen Ton grösser oder voller zu machen**) Man hat diesen Vorgang gewöhnlich Resonanz, und die dabei

---

*) Eigentlich ist jeder Ton eines musikalen Instruments, ebenso des menschlichen Stimmorgans, ein zusammengesetzter, immer jedoch so, dass der oder die Beitöne erst durch den Primärton, der durch den äussern Impuls direkt erzeugt wurde, hervorgerufen wird. S. w. u. unter Resonanz.

**) Franz Eirel (in seiner Schrift: die Stimmfähigkeit des Menschen und ihre Ausbildung für Kunst und Leben. Wien 1854. §. 58—63) unterscheidet die Grösse

gebrauchten Apparate Resonanzboden u. dgl. genannt, aber ohne damit die Sache richtig zu bezeichnen. Man sollte hier Konsonanz, nicht Resonanz sagen, da beides ganz verschiedene Begriffe sind. Bei der Resonanz sollen die von den Tonwerkzeugen abgeschickten Schallwellen von den Stellen, durch welche sie am Weitergehen behindert werden, zurückgehen, und zwar womöglich ohne irgend einen Verlust; es dürfen daher jene Hindernisse z. B. die Wände des Musiksaals nicht mitklingen, sonst würde ein Theil der Schallwellen daselbst hindurchgehen, aber nicht wieder zurückgehen, jedenfalls also für den Hörer im Saale verloren gehen. Mitschwingen, Mittönen heisst aber auf Lateinisch Konsonanz. — Je nach der Beschaffenheit des primär tönend schwingenden Körpers wird zu diesem Mittönen behufs der Vergrösserung des tönenden Materials gewöhnlich entweder ein fester, flächenförmig ausgedehnter Körper, oder eine in einen hohlen Cylinder eingeschlossene Luftsäule, welche diesen wiederum zum Mittönen bringt, verwendet. Bei der (mit Unrecht in Vergessenheit gerathenen) Viole d'amour tönen zunächst die in der Oktave gestimmten unter den primär intonirten liegenden Untersaiten mit, und machen so den Ton voller; die übrigen Konsonanzverhältnisse sind wie bei der gewöhnlichen Violine oder Viole. Auch steht in der Regel jener plattenförmige Körper mit einem hohlen, begrenzten Raume in Verbindung, oder setzt sich gleich von vornherein in einen solchen Hohlraum fort. Der Kasten der Violine oder eines andern Saiteninstruments stellt einen solchen Konsonanzapparat vor. Die in der gestrichenen Saite hervorgerufenen Molekularbewegungen theilen sich mittels des Steges oder der Saitenfessel (Guitarre) zum Theil auch mittels des Wirbels oder des Griffbrets, der Decke des Kastens (dem Corpus) mit, welche sie mittels des Bassstegs, Stimmstocks und der Zargen in den Boden oder Rücken des Kastens überleitet, ebenso wie bei einer Glocke die durch den Schlag des Klöppels primär hervorgerufenen Schwingungen durch Mittheilung das ganze übrige Gewölbe der Glocke in Mitschwingungen versetzen. Aber hiermit ist es noch nicht abgethan. Alle diese Schwingungen theilen sich nun wieder der umgebenden atmosphärischen Luft mit, welche sie endlich dem Gehörorgan, zunächst dem Trommelfell, des Hörers zuführt. Wäre die Konstruktion des Mitschwingungsapparats eine solche, dass die zunächst in der Luft von denen der festen Theile des Instruments hervorgerufenen Schallschwingungen nach mehrern Richtungen auseinander führen und sich zerstreuten, so würde es um den Klangeffekt eines solchen Tonwerkzeugs schlecht berathen sein. Nun ist aber der Kasten des Saiteninstruments ein in sich zurücklaufender Hohlraum, in welchem die von seinen festen Wänden der davon umschlossenen Luft mitgetheilten Schallwellen einander entgegen bewegt, gesammelt, vereinigt, konzentrirt werden, und in dieser Beschaffenheit zum Schallloch herausfahrend sich mit den allerdings zerstreuteren, die von der Aussenfläche des Corpus abgehen, verbinden, um nun mit aller Fülle und Klangmasse, die unter den gegebenen Umständen möglich

von der Fülle des Klangs (Tones), indem er erstere vom Umfang der Schallwellen, welcher durch die Masse oder den Inhalt des schwingenden Körpers oder die Breite des unterbrochenen Luftstrahles bedingt werde, abhängig macht, während die Fülle des Klanges von der Grösse des Resonanzraumes (Schallraums) bedingt sei und mit derselben in Verhältniss stehe. Ist dieser Raum zu gross, so werde der Klang dumpf, ist er zu klein, so werde letzterer grell, dagegen rund, wenn Schallraum mit der Höhe und Grösse des Klangs in richtigem Verhältniss steht.

ist, an die Aussenwelt, also auch an das Gehörorgan der vorhandenen Zuhörer geschickt zu werden. Von einer Resonanz ist bei diesem ganzen Vorgange keine Spur zu finden, so wie auch aus der gegebenen Darstellung erhellen wird, dass das oder die in die Kastendecke geschnittenen sogenannten Schalllöcher nicht die Schallwellen der gestrichenen Saite aufnehmen, sondern die der in Mitschwingung versetzten Kastenwände, nachdem sie der von denselben begränzten Luftmasse mitgetheilt worden, ausfahren lassen. — Bei den Hammerklavierwerken ist der konsonatorische Vorgang im Wesentlichen derselbe, nur dass hier der Konsonanz- (nicht Resonanz-) Boden in einem grössern, von dickern Wänden unten und seitlich eingeschlossenen Kasten gleichsam als Deckel angebracht ist, der aber durch eine quer unter allen Seiten weglaufende Spalte vom vordern Befestigungsstocke der Saiten getrennt wird. Diese Spalte, zunächst für die von unten her anschlagenden Hämmer bestimmt, hat in akustischer Hinsicht ganz denselben Zweck, wie die Schalllöcher der Bogeninstrumente. Bei der Harfe ist der Konsonanzapparat noch geschlossener und säulenförmiger; dabei zeigt er noch deutlicher, dass die tonerzeugenden Vorgänge nicht in den sichtbaren Exkursionen der Saiten bestehen müssen, sondern in den der Wahrnehmung mehr entzogenen Molekularbewegungen, die sich vom untern Ende der Saite aus dem konsonirenden Kasten mittheilten. Bei allen diesen Instrumenten wird der primäre, durch Schlag, Zug oder Reiben der Saite bewirkte Ton durch die Ueberleitung in ein mitschwingendes Material seiner Höhe nach nicht abgeändert: durch die Knotenlinien, die sich in verschiedenen Richtungen und an beliebigen Stellen der konsonirenden Fläche bilden, vermögen letztere sich jeder von ihnen geforderten Schwingungsweise anzubequemen. Anders verhält es sich mit den Blasinstrumenten, welche eine mehr oder weniger lange Luftsäule einschliessen. Letztere wird hier, wie wir oben bemerkten, durch einen primären Zungen- oder Kantenluftton zum Mittönen gebracht, aber dergestalt, dass sie durch ihre Länge oder Verkürzung oder Bildung von einer oder mehreren Knotenflächen die Tonstufe bestimmt, wenigstens mit den primären Tonschwingungen in ein solches Verhältniss tritt, dass diese für den resultirenden Toneffekt in den Hintergrund treten, obwohl sie, wie wir sehen werden, von grosser Bedeutung sind. Gleichzeitig wird die Wandung des Cylinders, welcher die Luftsäule einschliesst, sowohl durch die primären Schwingungen des Mundstücks (Zunge, Anspruchskante u. s. w.), als auch durch die sekundären Schwingungen der Luftsäule in Mitschwingungen versetzt, und so dem Tone ausser seiner spezifischen Klangfärbung die Grösse und Fülle gegeben, welche die Masse und Fläche des konsonirenden Materials zu geben fähig ist.

2) Die Intensität (Lautbarkeit, Vernehmlichkeit, Schärfe) des Tons hängt ab von der grössern oder mindern Zusammendrängung der in Schwingungen (Wellen) versetzten Moleküle auf einem gewissen Raume oder von der Länge oder (vielmehr) Kürze der einzelnen Verdichtungs- und Verdünnungsräume; sie steht daher auch zur Länge der Wellen (soweit es Solidarwellen sind) in umgekehrtem Verhältniss. — Die Länge der Molekularschwingungen oder Wellen ist erstlich für ein und dasselbe Tonmaterial verschieden nach ihrer Dauer: länger dauernde sind auch der Ausdehnung nach länger und umgekehrt, weshalb auch caeteris paribus ein höherer (durch schnellere Wellen erzeugter) Ton eines und desselben Instruments eine grössere Intensität besitzt, als ein tieferer, der durch lang-

samere Wellen zu Stande kommt. Ausserdem hängt aber auch die Wellenlänge von dem Elastizitäts- und Dichtigkeitsmodulus des schwingenden Körpers ab. Je grösser ersterer (d. h. das Maass des Widerstands, den der elastische Körper einer ihn ausdehnenden oder zusammendrückenden Kraft entgegensetzt) ist, je schwerer also die Moleküle des Körpers sich verschieben lassen und je gewaltsamer sie aus dieser Verschiebung ihren Gleichgewichtszustand wieder einzunehmen streben, desto kleiner oder kürzer sind caeteris paribus die Schwingungen, welche die Moleküle dabei machen, und desto schneller durchlaufen auch mitgetheilte Schwingungen einen solchen Körper, während sie in entsprechendem Grade länger werden, sobald sie in ein dünneres Medium übertreten. Aus diesen Gründen ist der Ton der Piccol-Flöte intensiver oder schärfer, als der der gewöhnlichen Flöte, nicht nur weil sie eine Oktave höher steht, als letztere, sondern auch weil in ihr die gebildeten Schallwellen auf einen engeren Raum zusammengedrängt werden. Aber auch der Ton eines Messingblasinstruments ist schärfer, als der eines Holzblasinstruments, weil der Elastizitätsmodulus der mitschwingenden Wände eines Messingrohrs ein grösserer ist, als der eines Holzrohrs; die Intensität des Trompetentons ist ferner caeteris paribus grösser, als die des Horntons, weil der Anspruch der Luftsäule des ersteren Instruments durch eine engere Oeffnung geschieht, in der die bereits schwingende Luft mehr verdichtet wird, also einen höhern Elastizitätsmodus erhält, als die des Horns, dessen Luftsäule durch eine weitere Cylinderöffnung intonirt wird. Der Ton des menschlichen Stimmorgans ist mehr scharf, als voll, wenn die Stimmbänder dünner, aber gespannter, also härter und spezifisch elastischer sind, als die eines Sängers von gleicher Stimmlage, der bei dickern aber weniger gespannten Bändern einen volleren, ausgiebigeren Ton besitzt. Die Intensität des Tons wird vermindert oder abgeschwächt, sobald die Schallwellen aus dem dichteren Medium in ein dünneres übergeleitet werden, oder überhaupt in ein solches, das sehr schlechte Elasticitätsverhältnisse hat, und seinem Aggregatzustande nach so beschaffen ist, dass es die ihm zugeführten Vibrationen zum grossen Theile sistirt. Dahin gehört z. B. Sand, Sägespähne, Wolle, Filz, weiches Leder u. s. w. Man benutzt daher dergleichen Körper oder Medien zur Dämpfung, d. h. zur Minderung der Intensität eines Tons Ueber diese werden wir später noch Einiges bemerken. Wurde ein Ton primär bereits in einem dünnen Medium erzeugt, so verliert er noch mehr an Intensität, wenn er aus diesem in ein dichteres Medium übergeht.*)

Bei den Flöten, Panpfeifen, auch am menschlichen Stimmorgan unterscheiden wir noch die Deutlichkeit oder Bestimmtheit des Tons, die dadurch zu Stande kommt, dass der zum Anspruch gelieferte Luftstrahl vollständig in Schallwellen verwandelt wird, widrigenfalls ein Theil desselben unverarbeitet (als sogenannte wilde Luft) durchfährt, und dabei ein hauchendes Geräusch verursacht, das den Ton trübt, undeutlich und unbestimmt macht.

3) Die Stärke des Tons kann in musikaler Hinsicht in eine specifische oder absolute, und in eine relative unterschieden werden. Erstere ist das Produkt aus den beiden eben erwähnten Eigenschaften: letztere hängt lediglich von der grössern oder geringern Exkursionsweite oder Schwin-

*) Vgl. Eisenlohr Lehrbuch der Physik 2. Aufl. §. 177,

gungsamplitude der Schallwellen (die, wie wir ausdrücklich bemerken müssen, caet. par. mit der Länge letzterer in geradem Verhältniss steht) ab, insofern dieselbe willkührlich modificirt werden kann. Für viele Zwecke ist es gut, den Grad der Stärke genau durch Angabe der Exkursionsweite des schwingenden Tonkörpers zu bestimmen. Für elastische Bänder, mit den wir uns vorzugsweise zu beschäftigen haben werden, fällt die grösste Tonstärke etwa mit einer Exkursionsweite (d. h. Abweichung von der Bandebene) zusammen, die $1/8$ — $1/6$ der Länge des Bandes beträgt. Doch kommt dabei viel auf Breite, Dicke und Spannung des Bandes an. Bei einem starken Tone werden also nicht nur eine grössere Anzahl Moleküle durch den Impuls in Bewegung gesetzt, sondern dieselben werden auch in einer gegebenen Zeit weiter bei jeder Welle von einander entfernt, bei einem schwachen Tone weniger*). Bei den Saiten- und Zungeninstrumenten wird die Schwingungsamplitude durch stärkere, vollere und beschleunigte Reibung des Bogens oder der Luftsäule vergrössert. Der dabei sichtbare Vorgang besteht in einer Verlängerung, welche der schwingende Körper im Momente der Vibrationsumkehr, d. h. des Zustandes, wo derselbe (z. B. eine Saite) nach beendigter Exkursion die Rekursion beginnt, bei Verstärkung des Tons erleidet, während sich derselbe Tonkörper bei seinen Exkursionen weniger verlängert, sobald der Ton abnimmt. Bei starren Zungen und Stäben ist diese Verlängerung und Verkürzung nur einseitig von einer stärkeren Flächenkrümmung bedingt, wie wir früher gesehen haben. Die Stärke und Schwäche des Tons hat ihre Grenzen, wenigstens für das individuelle Tonwerkzeug, was auch die Musiker längst anerkannt haben, wenn sie zu den Zeichen *pp* und *ff* den Zusatz „possibile“ machen. Diese Grenze wird natürlich bei schon hoher Spannung des tönenden Körpers für das Crescendo eher erreicht, als bei schwacher Spannung, obwohl hier wieder andere Gründe eintreten, welche hemmend oder begrenzend einwirken. Bei schon beträchtlich hoher Spannung nämlich würde z. B. eine Saite oder eine Membran, wollte man ihr eine bedeutende Exkursion oder Verlängerung durch Abziehen aus ihrer geraden Richtung zumuthen, reissen; bei sehr geringer Spannung dagegen würde der Ton durch denselben Mechanismus entweder merklich höher werden, oder es würde die Rekursion gar nicht mehr zu Stande kommen, also die Tonbildung ganz und gar aufhören, wie wir später genauer auseinander setzen werden. Das Pianissimo possibile dagegen hängt von der mehr oder weniger leichten Anspruchsfähigkeit des Tonkörpers ab, eine Eigenschaft, auf welcher nicht nur die Güte eines musikalen Instruments, also auch des menschlichen Stimmorgans, sondern auch das Geschick und die Befähigung des Tonkünstlers (Sängers) selbst sehr oft zum grossen Theile beruht, weshalb wir darüber schon hier Einiges bemerken wollen. Unter Anspruchsfähigkeit oder Intonirbarkeit eines Tonkörpers versteht man bekanntlich überhaupt die Eigenschaft, durch einen äussern Impuls, den wir hier immer als den für den gegebenen Tonkörper geeignetsten voraussetzen, zu guten, tongebenden Schwingungen disponirt zu werden. Diese Fähigkeit ist aber in hohem Grade vorhanden, sobald schon der relativ geringste Grad dieses äussern Impulses hinreicht, ein vernehmliches Tonphänomen hervorzurufen. Ist dieser Impuls von der Art, dass wir an seiner Qualität nichts ändern können, ist es z. B. die in Exspiration begriffene Luft, so muss das Organ, das dadurch tonfähig be-

*) Eisenlohr a. a. O. § 170.

wegt werden soll, so disponirt und geartet sein, dass es in sich selbst so wenig als möglich Hindernisse der geforderten Wellenbewegung entgegen aufkommen und wirken lässt, vor Allem aber, dass nichts von der als Impuls verwandten Luft für den Tonmechanismus verloren geht. Hierauf beruht unter Anderem der sogenannte Ansatz für das Horn, die Trompete, die Flöte u. s. w., der in nichts Anderem, als in den Lippen des Bläsers zu suchen ist. Ist dagegen jener Impuls so beschaffen, dass wir seine Qualität selbst bestimmen und modificiren können, wie solches z. B. von der Violine gilt, die durch ein eingespanntes Bündel von Pferdehaaren intonirt wird, so erhöhen wir die Anspruchsfähigkeit durch Streichen dieses Haarbündels mit einem geeigneten Harze. Am menschlichen Stimmorgan hängt die Leichtigkeit des Anspruchs von der Feinheit des Zuschnitts der Stimmbänder, von der gehörigen Gleichheit und Gleichstellung derselben und von der normalen Beschaffenheit und Funktion der dieselben überziehenden Schleimhaut ab. Darüber noch später Weiteres.

4) Die Tonstufe, der Grad der Höhe oder Tiefe eines Tones, hängt einzig und allein von der Zahl der Schwingungen ab, die der Tonkörper in einer gewissen Zeit macht. Je mehr Schwingungen, desto höher der Ton und umgekehrt. Diese Schwingungszahl ist für einen bestimmten Tonkörper der Schwingungszeit desselben oder dem Produkt aus der Länge seiner Wellen und seinem Elasticitäts- oder Spannungsgrade umgekehrt proportional. Das heisst: bei gleichem Spannungsgrade macht ein schwingender Körper noch einmal so viel Schwingungen, und giebt demnach einen um 1 Octave höhern Ton, wenn man ihn nur zur Hälfte schwingen lässt, wenn man seine Schwingungen um die Hälfte verkürzt oder um das Doppelte beschleunigt; er macht aber $^3/_4$ soviel Schwingungen, als diese Octave, und giebt daher die Quinte des ersten Tons, wenn man ihn um $^1/_3$ verkürzt, wenn er also nur mit $^2/_3$ seiner anfänglichen Länge schwingt*). Oder: bei gleichbleibender Länge des schwingenden Körpers und seiner Schwingungen selbst wird die Schwingungszahl und also auch die Tonstufe durch stärkere Spannung erhöht. Beispiele für beide Sätze giebt die Violine. Eine Saite derselben giebt bei gleichbleibender Spannung die Quinte ihres Grundtons an, wenn man sie an der Stelle niederdrückt, die um $^1/_3$ der ganzen Seitenlänge (so weit sie schwingt, d. h. zwischen Sattel und Steg) vom Sattel entfernt liegt; sie giebt, war sie abgespannt, einen entsprechend höhern Ton, wenn man sie durch Drehen

*) Es kann nichts schaden, wenn diese Verhältnisse dem Leser zur Unterstützung für das Gedächtniss und vielleicht noch zu andern Zwecken in einer vergleichenden Uebersicht vorgehalten werden:

Scala.		Tonkörpergrösse. (Saitenlänge.)		Schwingungszahl.
Tonika (Prime)	=	1	=	$^1/_2$
Sekunde	=	$^8/_9$	=	$^9/_{16}$
Terzie	=	$^4/_5$	=	$^5/_8$
Quarte	=	$^3/_4$	=	$^2/_3$
Quinte	=	$^2/_3$	=	$^3/_4$
Sexte	=	$^3/_5$	=	$^5/_6$
Septime	=	$^8/_{15}$	=	$^9/_{10}$
Oktave	=	$^1/_2$	=	1

Dass sich beide Reihen nicht umgekehrt übereinander legen lassen, hat seinen Grund in der Lage der ganzen und halben Töne, so dass z. B. der Schritt von $1 : {}^9/_{10}$ (2. Col.) ein kleinerer sein muss, als der von $1 : {}^8/_9$ (1. Col.)

am Wirbel stärker spannt. Die Schwingungszahlen stehen also im umgekehrten Verhältniss mit den Schwingungszeiten, und, wenn der Tonkörper ein fadenförmiger (Saite) ist, mit der Länge desselben. Ferner ist die Schwingungszahl einer Saite der Quadratwurzel aus den sie spannenden Gewichten proportional: wird z. B. das spannende Gewicht vervierfacht, so wird die Schwingungszahl verdoppelt u. s. w. Jene Regel aber, dass mehrere Saiten durch Halbirung die doppelte Zahl Schwingungen machen, gilt nur für den Fall, dass dieselben von gleicher Dicke sind. Nimmt man dagegen zwei Seiten von gleicher Länge, deren Durchmesser sich wie 1 : 2 verhalten, so wird die dünnere bei gleicher Spannung in derselben Zeit doppelt soviel Schwingungen machen, als die dickere. Es verhalten sich also die Schwingungszahlen verschiedener Saiten von derselben Materie umgekehrt wie ihre Dicke. Endlich kommt es hier auch auf die Dichtigkeit der Materie des tönenden Körpers an. Wenn z. B. eine Saite von Kupfer, deren Dichtigkeit = 9 ist, und eine Darmsaite, deren Dichtigkeit = 1 ist, bei gleicher Länge und gleichem Durchmesser durch gleiche Gewichte gespannt sind, so schwingt die Kupfersaite dreimal langsamer als die Darmsaite: es verhalten sich also die Schwingungszahlen von Saiten verschiedenen Materials umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeit. Der tiefste musikalische brauchbare Ton entsteht durch 16, der höchste durch 8192 Schwingungen in der Sekunde. Jener tiefste Ton heisst C_2, dieser höchste Ton c^6, was einen Umfang von 9 Oktaven ergiebt. Die Schwingungszahlen für diese 9 Oktaven vertheilen sich also folgendermaassen: 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, es beträgt also jede folgende Zahl das Doppelte der vorhergehenden. — Die obigen Gesetze gelten zunächst für die Tonstufen der Saiten und dünner Metallstäbe, die sich in dieser Hinsicht wenig von dicken Saiten unterscheiden. Schwieriger und komplicirter werden die Verhältnisse, wenn ein in verschiedener Richtung und Ausdehnung schwingungsfähiges Material durch den gleichfalls sehr modificirbaren Impuls eines Luftstromes intonirt wird. Es gehören hierher besonders die elastischen Membranen und die mit Vermeidung von Schwingungsknoten in Tonwellen versetzte atmosphärische Luft. Ueber die dabei stattfindenden Tonverhältnisse werden wir in den folgenden Abschnitten umständlichere Untersuchungen anstellen; vorläufig bemerke ich nur, dass die Tonabstufung in den hierher gehörigen Apparaten eben wegen der leichten Modificirbarkeit der Elasticitäts- und Dichtigkeitsverhältnisse sowohl des tonerregenden als tongebenden Körpers eine sehr mannichfaltige und umfangreiche ist, dergestalt, dass hier sogar verschiedene, ihren Klang- und Intonationsverhältnissen nach abweichende Tonreihen, welche Register genannt werden, unterschieden werden müssen.

5) Als letzte Toneigenschaft nannten wir den Klang oder die Klangfarbe, das Timbre, des Tons. Eine von einem bestimmten physikalen Vorgange, von einer bestimmten Funktion irgend einer physikalen Eigenschaft oder Kraft des Tonkörpers bedingte oder erzeugte Qualität des Tones ist das, was wir mit jenem Ausdruck zu bezeichnen pflegen, nicht; es ist vielmehr, ebenso wie die Physiognomie eines Menschen, das Resultat aus mehreren Vorgängen, Funktionen und Eigenschaften, aber als solches allerdings dasjenige, was einem Tone seine Qualität, seinen Charakter giebt, an welchem er sofort, als aus gewissen Bedingungen hervorgegangen, erkannt und von andern sonst gleichbeschaffenen (gleich hohen, gleich starken u. s. w.) Tönen unterschieden werden kann. Wenn daher die Definition und Analyse des Klangs

oder Timbre's auch mehr in das Gebiet der musikalen Kunst, als in das der physikalen Wissenschaft gehört, so dürfen wir hier doch nicht davon Umgang nehmen, da wir uns ja als Hauptaufgabe gestellt haben, die verworrenen Begriffe der Kunst durch die klaren Gesetze der Wissenschaft aufzuhellen. Jeder Ton klingt und dringt eben durch seinen Klang in die Seele. Durch den Klang reisst sich der Ton von der Materie los und wird zu einem inmateriellen Impuls. Dennoch aber liegen die Bedingungen des Klanges im Materiellen, aber nicht im Einzelnen, sondern in der Verbindung des Einzelnen zu einem ästhetischen Ganzen. Betrachten wir jetzt diese Einzelheiten und deren Verbindungen an einigen Instrumenten, und suchen wir deren Unterschiede, so gut als es bei unsern immer noch sehr unvollkommenen Kenntnissen möglich ist, zu bestimmen.

a. Saiteninstrumente. Dass hier die Saiten zwar den Ton angeben, aber erst der ihnen angefügte konsonirende Kasten die Klangfülle bewirkt, haben wir bereits angeführt. Wir haben hier zu unterscheiden den den einzelnen Gattungen der Saiteninstrumente eigenthümlichen Ton, also den Violinenton, Violenton, Celloton, Basston u. s. w., von dem dem einzelnen Individuum zukommenden Tone. Der Gattungston hängt von der Struktur des Instruments ab, welche auf empirischem Wege gefunden worden ist, und welche im Allgemeinen darauf beruht, dass die Molekularschwingungen der Saite unverkürzt durch den Steg und den Sattel oder das Griffbret in die Decke des Kastens geleitet werden, und so dessen sämmtliche Theile in verschiedenartig gestaltete Transversalschwingungen versetzen, welche natürlich für tiefe Töne grössere, für hohe kleinere Begrenzungen haben müssen. Wir können mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die Verschiedenheit der in den Wänden des Kastens der Bogeninstrumente stattfindenden Molekularschwingungen, zunächst der verschiedene Umfang oder Durchmesser derselben, diesen Instrumenten ihren eigenthümlichen Gattungston giebt. Am kleinsten und komplicirtesten sind sie in der Violine, deren Kasten daher auch aus weit feinerem und schwingungsfähigerem Material gebaut werden muss, als bei den grössern Instrumenten nöthig ist, deren Kästen mit grössern Wellen, also auch mit weniger Knotenlinien, schwingen. Beim Bass und Cello ist der Eigenton, den die hier ziemlich dicken Saiten geben, mit in Anschlag zu bringen. Der eigenthümliche, von dem des Basses auffallend verschiedene Ton des Cello's scheint davon herzurühren, dass bei letzterem die Saiten verhältnissmässig stärker gespannt sind, und daher schon einem weit geringeren Impuls gehorchen, als die des Basses. Der individuelle Ton eines Bogeninstruments, besonders einer Violine, beruht ausser einigen jedem Meister in der Fabrikation derselben eigenthümlichen Formmodifikationen hauptsächlich in den Aggregats- und Elasticitätsverhältnissen der den Kasten komponirenden Holzplatten, welche nach der verschiedenen Schnittrichtung eines Holzes zur Faserrichtung dergestalt verschieden sind, dass, wie Savart, der darüber zahlreiche Versuche anstellte, gefunden hat, ein und derselbe Ton in der einen Platte ganz andere Knotenfiguren hervorbringen kann, als in einer andern aus demselben Klotze, aber in einer andern Richtung, geschnittenen Platte. Natürlich muss der Klang des Tones unter diesen Verhältnissen verschieden ausfallen. Erwägt man nun noch, dass die Faserungsrichtung in manchem feinen Holze schon von Natur sehr mannichfaltig ist, die Elasticitätsverhältnisse demnach nach der verschiedenen Schnittrichtung sehr komplicirt ausfallen können, so ergiebt

sich hieraus eine grosse Menge von Möglichkeiten für die Klangfarbe der Violinen. — Das Pianoforte verdankt sein eigenthümliches Timbre weder den Saiten noch den Hämmern, sondern der besonderen Einpflanzung der Saiten und den konsonirenden Holzwänden und Platten. Auf die Holzart des sogenannten Resonanzbodens, der in der Regel, ebenso wie die Decke des Violinkastens, senkrecht auf die Faserebene geschnitten ist, scheint viel anzukommen, aber auch auf den Kasten selbst. Ob der Stimmstock aus Metall oder aus Holz besteht, ist für die Güte des Instruments nicht entscheidend.

b. Holzblasinstrumente. Die Flöte ist von allen Blasinstrumenten das einfachste: hier tönt nur eine durch einen Kantenluftton in Längenschwingungen versetzte Luftsäule, die an sich nichts zum Klang beitragen kann: dieser beruht also lediglich auf dem tonleitenden Material des Instruments selbst. Da aber der primitive Ton der Flöte ein Luftton ist, die Solidarschwingungen der Wandung also durch sehr heterogene Schwingungen erzeugt werden, so ist die Klangfarbe der Flöte eine viel weichere, als die des folgenden Instruments. — Die Klarinette erhält ihren charakteristischen Gattungsklang zunächst durch die den Primärton erzeugende starre Zunge, die beim schlechtesten Instrument ebenso beschaffen sein kann, als beim besten. Von der Dimension dieser Zunge und des das Mundstück mit dem Ansatzrohr verbindenden Kanals hängt zunächst nur die Fülle des Tons ab, die daher bei der Klarinette bedeutender ist, als bei der sonst ähnlich gebauten Oboe, weil diese ein Mundstück und einen Zungenkanal von weit engeren Dimensionen hat. Ausserdem ist der Ton der Klarinette härter und polternder, als der der Oboe, weil die Zunge härter ist und gegen einen festen Rahmen schlägt, während die Oboe eine röhrenförmig gegeneinander gefügte Doppelzunge von nachgiebigerem Material besitzt. Daher ist der Ton der Oboe intensiver, weil der primärtönende Luftstrom durch eine engere Oeffnung ins Ansatzrohr geleitet wird, dessen in Längenschwingungen versetzte Luftsäule die Tonhöhe bestimmt. Der individuelle Klang hängt, wie bei der Flöte, zumeist von der Güte des Holzes ab. Beim Fagott wird der ähnlich wie bei der Oboe, nur etwas breiter, gebildete Zungenton erst durch ein ziemlich langes und zwar, was dabei von Bedeutung ist, S-förmig gekrümmtes metallenes Rohr geleitet, bevor er in das sehr lange und von massiven hölzernen Wänden gebildete, sich allmälig etwas erweiternde Ansatzrohr gelangt. Dadurch erhält der Klang des Fagotts etwas Nasales, während das Material des Ansatzrohrs hier weniger das Timbre bestimmt, als bei den vorgenannten Instrumenten. Nur das individuelle Timbre hängt von der Struktur und Güte des Ansatzrohrs ab.

c) Messingblasinstrumente. Diese sind sämmtlich Zungeninstrumente, ebenso wie die drei vorgenannten, nur besitzen sie die Zunge nicht selbst, sondern der Bläser, welcher aus seinen Mundlippen beim Andrücken des Mundstücks ein doppelzungiges Instrument bildet, auf welchem der Primärton ebenso erzeugt wird, wie auf den Zungen des Fagotts oder der Oboe. Das Mundstück des Instruments ist weiter nichts, als ein Trichter, um die auf den Lippen erzeugten Schallwellen in das Rohr, das lediglich als Ansatzrohr fungirt, zu leiten und in der Luftsäule desselben longitudinale Schwingungen zu erregen, wie wir später noch genauer untersuchen werden. Ueber den Grund des Unterschieds im Tone des Horns von dem der Trompete und Posaune haben wir schon gesprochen. Die individuellen Tonfärbungen sind bei diesen Instrumenten aus nahe liegenden Grün-

den weniger auffallend. Nur wenn statt Messing ein anderes Metall, z. B. Argentan oder Silber genommen wird, tritt ein merklicher Klangunterschied hervor. Sonst kommt es wohl nur auf die kunstgerechte Herrichtung der richtigen mechanischen Verhältnisse an, um ein solches Instrument zu einem guten und klangvollen zu machen. Von diesen Verhältnissen heben wir besonders die richtig progressive Divergenz oder Erweiterung des Rohrs, so wie die gehörige Dicke der Wände hervor, die weder so weit abnehmen darf, dass ein merkliches, d. h. sichtbares, exkursives Mitschwingen derselben erfolgt, noch so weit zunehmen, dass der Ton dumpf wird. Das Uebrige muss natürlich der Bläser selbst leisten, auf dessen Lippen-Zustand und Funktion viel ankommt.

d) Die Orgel ist ein Komplex von verschiedenen Reihen (Registern) hölzerner und metallener Labial- und Zungenpfeifen, welche durch die aus Bälgen strömende und vorerst in Windladen u. s. w. gefasste atmosphärische Luft intonirt werden. Die Labialpfeifen verhalten sich sowohl hinsichtlich ihrer Intonation, als auch ihrer Tonfärbung den Flöten analog, sobald ihre Wandungen aus Holz bestehen; während sie einen helleren Ton geben, wenn sie aus Metall, gewöhnlich Zinn, verfertigt sind. Ausserdem kommt hier viel auf die richtige Mensur und Weite der Pfeifen, auf die Dicke ihrer Wandung, so wie darauf an, ob sie mit fortlaufenden oder mit vom Knotenpunkt aus zurücklaufenden Luftwellen tönen, d. h. ob die Pfeifen oben offen oder gedackt sind. Die Zungenpfeifen (in der Regel nur einlippige) lassen hinsichtlich des Materials und der Disposition der Zunge und des Rahmens, so wie der Dimensionen, Ausweitung u. s. w. des Ansatzrohrs gleichfalls zahlreiche Klangfärbungen zu, und nähern sich in ihrer akustischen Wirkung bald mehr der Klarinette oder dem Fagott, bald mehr den Messingblasinstrumenten. Ladegast, einer der ausgezeichnetsten Orgelbauer der Gegenwart, hat in dieser Hinsicht unlängst an der Merseburger Domorgel Bedeutendes geleistet.

e) Bei den Pauken und Trommeln endlich wird der primäre Ton durch Schlagen einer peripherisch gespannten runden Membran erzeugt, welche über einen halbkugeligen oder kurzcylindrischen von einer Metallwandung umschlossenen Hohlraum gespannt ist. Bei der Trommel tönt ausserdem die durch eine starke darüber gespannte Saite in Schwingungen versetzte Gegenmembran mit, wodurch der Gesammtton ein sehr intensives, weittragendes Gepräge bekommt.

Wir sehen aus diesen Andeutungen, dass die akustischen Eigenschaften und Modifikationen des Tones von sehr zahlreichen und verschiedenartigen physikalen Ursachen, die bei Weitem noch nicht hinlänglich erforscht sind, abhängen, dass bei jedem Tone mehr als ein tonbildendes Element thätig ist, dass also jeder Ton etwas mehr oder weniger Zusammengesetztes ist. Aus den bisher zu machenden Beobachtungen haben wir aber wenigstens soviel gelernt, dass die Qualität eines Tones zunächst von den festen massenhafteren Bestandtheilen des Tonwerkzeugs abhängt, nicht von der Luft, die dabei immer nur eine untergeordnete Rolle spielt, und nur, aber auch nicht immer, das rohe Material für den Ton hergiebt, und dass ein Ton um so schöner und wohlklingender ausfällt, je vollständiger und leichter das mitschwingende Material die primären Schallwellen in sich aufnimmt und sie vervielfältigt, ohne dass es zu störenden Interferenzen kommt, oder ohne dass die Mitschwingungen unter sich ihrer Länge und Ausdehnung nach

sonderlich untereinander oder von den primären Tonwellen abweichen. Jede solche Abweichung macht den Ton unrein, d. h. es bringt in den Komplex der molekulären Bewegungsvorgänge, welcher in seiner Gesammtheit den Eindruck des Tons giebt, heterogene Elemente, Wellen von abweichender Länge, Richtung oder Zeitdauer hinein, welche, wenn sie ein gewisses Uebergewicht erlangen, die wesentlichen Funktionen, deren Zusammenwirkung wir eben als Normalton empfinden, aufheben oder mehr genau oder weniger unkenntlich machen. Eine absolute Tonreinheit, durch lauter homogene Tonwellen erzeugt, existirt natürlich nicht, jeder Ton ist gefärbt, d. h. getrübt, in jedem Tone sind Elemente vorhanden, welche den übrigen widerstreiten, aber wir dürfen in diesem Umstand nicht von vorn herein eine Abnormität erblicken, sondern vielmehr eine ästhetisch ebenso nothwendige Erscheinung, als die sogenannten Dissonanzen in der Musik, ohne welche wir auch keinen Begriff und Genuss von den Konsonanzen haben würden. Jedes musikale Instrument ist aber fähig, in seiner Art relativ reine, d. h. musikalisch brauchbare Töne zu geben, und in dem ihm von vorn herein zugemessenen Grad der Tonreinheit oder der hier gerade so und nicht anders mit einander verbundenen tongebenden Momente und Motive besteht ja eben der spezifische Charakter des instrumentalen Tones. Anders verhält es sich mit der wirklichen Unreinheit der gegebenen Töne, mit den Abweichungen von ihrer spezifischen, normalen Qualität, welche also ihren Grund in einem Mangel oder in einer zweckwidrigen Funktion der tonerzeugenden physikalen Zustände und Bewegungen haben müssen. Unser Zweck, der ja namentlich dahin geht, aus dem Bekannten auf das Unbekannte (analoge Vorgänge am menschlichen Stimmorgan) zu schliessen, erfordert, dass wir auf diese Tonalterationen, so weit wir sie beobachten und einsehen können, etwas näher eingehen. Hier bietet sich uns zuerst das dar, was man gewöhnlich Dämpfung des Tones nennt. Wir haben bereits früher dieselbe als Minderung oder Abschwächung der Intensität des Tones bezeichnet. Die Mittel zu diesem Zwecke sind bei den verschiedenen Instrumenten verschieden. Bei den Bogeninstrumenten, namentlich der Violine, wird ein kammförmiges Holz (Sordino), dessen fünf Zinken rinnenförmig ausgehöhlt sind, auf den Steg gesteckt, so dass derselbe hierdurch nach oben zu verlängert wird, ohne dass jedoch die Saiten dabei berührt werden. Von der Seite betrachtet erscheinen dann die Saiten gleichsam überbrückt. Die Molekularschwingungen derselben können sich bei dieser Vorrichtung nicht mehr vollständig dem Steg mittheilen um durch diesen in den sogenannten Resonanzboden des Corpus geleitet zu werden, sondern gehen zum Theil durch die Zähne des Dämpfers aufwärts in denselben, werden auf diese Weise in die Luft geleitet und gehen jedenfalls für die Klangwirkung des Instruments verloren. Der Ton des Klaviers und Pianofortes wird dadurch gedämpft, dass zwischen den Hammer und die anzuschlagende Stelle der Saite ein Stück wollenes Zeug geschoben wird. Die Verschiebung der Klaviatur, wodurch bewirkt wird, dass der Anschlag des Hammers nur an zwei oder gar eine Saite erfolgt, bewirkt keine Dämpfung oder Abnahme der Intensität des Tons, sondern eine Abnahme der Grösse oder Fülle des Tons. In ähnlicher Weise, wie bei der Violine, wird der Ton des Waldhorns gedämpft, wenn ein ausgehöhltes, konisch-cylindrisches Stück Holz in den Schalltrichter geschoben wird. Eine Flöte dämpft man durch Baumwolle, die in das links vom Mundloche liegende Stück gebracht

worden ist. Ebenso klingt der Ton einer Violine, einer Trompete, selbst eines Pianofortes u. a. m. gedämpft, wenn man den ganzen Kasten, das ganze Rohr mit dicken wollenen Decken umwickelt. Durch diese und ähnliche Vorrichtungen wird entweder ein grosser Theil der Tonwellen abgehalten, sich den Konsonanzapparaten des Instruments mitzutheilen, indem derselbe, wie bei der Violine in einen mit Letzteren nicht konsonirenden Körper abgeleitet wird, und so für die Vollendung des Tones verloren geht: oder es werden, wie beim Klavier, die Schwingungen des primären Tonkörpers gleich von vorn herein geschwächt, dessen Exkursionen von der einen Seite her beschränkt oder reduzirt, so dass sie mit verminderter Energie in den Konsonanzapparat übertreten; oder es werden gleichzeitig gebildete Geräusche (Komplexe sehr verschiedenartiger Schallwellen) dem Tone beigemischt; oder es wird die volle Emission der Tonwellen, die Mittheilung derselben an die Atmosphäre verhindert, der Ton gleichsam erstickt. Eine nicht beabsichtigte Dämpfung des Tones tritt ferner ein, wenn am primär oder sekundär tönenden Organe eine solche Verletzung oder Zusammenhangsstörung vorgefallen ist, dass die Tonwellen nicht mehr in normaler Weise zu Stande kommen, oder die einzelnen Tonwellensysteme nicht mehr gehörig in die erforderliche harmonische Verbindung treten können. Von diesen hier möglichen Störungen heben wir hervor als die gewöhnlichsten: Risse und Sprünge in den Konsonanzapparaten, Defekte aller Art, an den primär- wie an den sekundär tönenden Organen, z.B. rostige Saiten, abgeriebene Zungen an der Klarinette, Oboe, Fagott; Löcher, wodurch die Tonwellen stellenweise unmöglich gemacht werden (Pauke), oder ein Theil der in exkurrirender Bewegung begriffenen Luft verloren geht, z. B. an Messingblasinstrumenten; Störungen der Kanalisation, z. B. Zusammenknitterung des Rohrs an einer oder mehreren Stellen (Horn, Trompete).

Der Mechanismus der Dämpfung musikaler Instrumente beruht also darauf, dass entweder die Tonwellen der primär tönenden Organe, oder die Mittheilung der von vorn herein normal stattfindenden primären Tonwellen an die Konsonanzapparate, oder der Uebertritt der Tonwellen an das Medium der atmosphärischen Luft auf irgend eine Weise beschränkt, gehemmt, vermindert wird. — Eine Alteration des Tones ganz anderer Art ist das Umschlagen oder Ueberschnappen desselben. Dieses Phänomen besteht, wie wir später genauer untersuchen werden, darin, dass eine bis zu so weiten Exkursionen, welche bei dem vorhandenen Elasticitätsmodulus die Kohäsion des schwingenden Tonkörpers zu stören drohen, getriebene Wellenreihe ihren bisherigen Bewegungsmodus plötzlich dahin abändert, dass der Tonkörper, bisher in ganzer Länge oder Breite schwingend, nun mit Aliquotschwingungen sich zu bewegen fortfährt und so einen höhern Ton, der bei noch obwaltendem starken Impulse meist ziemlich gellend oder intensiv ausfällt, in die beabsichtigte musikalische Tonreihe aber nicht passt, hervorbringt. In manchen Fällen dieser Art kommt es nicht einmal zu diesem Wechsel des Mechanismus, sondern der Ton versagt ganz und gar, d. h. der Tonkörper vermag zwar noch zu exkurriren, d. h. dem Impulse nachzugeben, aber nicht mehr zu rekurriren oder letzterem Widerstand zu leisten. Während in dem eben erwähnten Falle der Ton in abnormer Weise erhöht wird, kommt es in andern Fällen zuweilen vor, dass ein abnorm tieferer Ton gehört wird, der eine Folge der Interferenz oder des gegenseitig störenden (in der Regel verlangsamenden) Einwirkens zweier neben einander erzeugten Ton-

wellensysteme ist. Ueber diese und ähnliche Tonmissfärbungen werden wir im Laufe unserer weiteren Untersuchungen an den gehörigen Orten das Weitere vorzubringen Gelegenheit nehmen.

Die Güte eines Instruments, auch des menschlichen Stimmorgans, hängt zum grossen Theile davon ab, dass alle auf ihm erzeugbaren Töne gleichförmig sind, d. h. dass sie bei jeder beliebigen Schwingungszahl, bei starkem sowohl als schwachem Anspruch auf das Gehörorgan den Eindruck machen, als seien alle diese Töne bei aller sonstigen Verschiedenheit von gleicher Grösse oder von gleichen Dimensionen. Diese Gleichförmigkeit (oder das Kaliber) der Töne beruht theils auf einer Kompensation zwischen Grösse der schwingenden Masse und Schnelligkeit der einzelnen Schwingungen, theils auf der schon erwähnten Fähigkeit des Konsonanzapparats des Instruments, jede primäre Tonschwingung ungestört und ungehemmt in sich zu reproduziren. Wir können hier nicht ins Einzelne eingehen: beispielsweise erwähne ich nur, dass bei den Zungenblasinstrumenten die Gleichförmigkeit der Töne zum Theil davon abhängt, dass das Rohr sich gegen das Ende hin allmälig erweitert, während bei der Flöte, die durch Lufttonanspruch intonirt wird, der umgekehrte Fall eintritt.

Wenn ein Tonkörper, oder das Element eines zusammengesetzten Tonkörpers, das die Tonhöhe bestimmt, in seiner ganzen Ausdehnung, zunächst seiner ganzen Länge und Breite, schwingt, so giebt es den tiefsten Ton, den es zu geben vermag, oder seinen G r u n d t o n. Durch beliebige Verkürzung dieses Tonkörpers kann man diesen Ton in bestimmter Weise erhöhen, ohne dass die Klangfarbe des Grundtons verloren geht. Dies geschieht bei Saiteninstrumenten durch Niederdrücken der Saite in geringerer oder grösserer Entfernung vom Sattel gegen das Griffbret, bei Holzblasinstrumenten durch sukzessives Oeffnen der Löcher vom untern Ende des Rohrs aus, beim Klavier und der Orgel ist gleich von vorn herein für jeden Ton eine Saite oder Pfeife von bestimmter Länge vorhanden. Aber bei den Blechinstrumenten, welche keine solchen Löcher haben, verhält es sich anders. Hier muss die tönende Luftsäule, wenn der Grundton, bei welchem also diese Luftsäule in ganzer Länge, mit einer einzigen Welle (d. h. ganzen Luftwelle, die in der Mitte einen Schwingungsknoten hat) schwingt, (ebenso wie eine Saite, wenn man sie abzieht oder schlägt, in ganzer Ausdehnung mit einer Welle [d. h. hier: Wellenbreite] schwingt), erhöht werden soll, durch etwas konzentrirteren Anspruch einen neuen, also zweiten Schwingungsknoten erhalten, demnach zwei Wellenlängen schwingen, für den nächsthöhern Ton mit drei u. s. f. Die Tonfolge ist aus diesem Grunde hier eine springende, obwohl mit zunehmenden Schwingungsknoten die Intervalle immer kleiner werden. Wenn man nun diese Weise der Tonerzeugung bei einer Saite nachahmt, wenn man die Saite in der Mitte oder ein Drittel, Viertel u. s. w. vom Steg entfernt mit dem Finger berührt, ohne sie gegen einen festen Körper anzudrücken, und in der Mitte dieser Hälfte oder dieses Drittels, Viertels u. s. w. mit dem Bogen rasch hinwegfahrend streicht, so schwingt die Saite mit 1, 2, 3 . . . Schwingungsknoten, ebenso wie das Horn oder die Trompete, und giebt dabei einen Ton, dessen Timbre von dem des respektiven Volltons durchaus verschieden ist. Es ist ein solcher Ton (Aliquotton, Flageoletton, Knotenton u. s. w.) weniger voll und gross, aber etwas intensiver, als der Vollton, und hat dabei das Gepräge einer grössern Einfachheit und Reinheit. Denn die Beobachtung lehrt, dass selten ein Tonkörper mit voll-

kommen einfachen Wellen schwingt, daher selten seinen Grundton völlig rein giebt. Gewöhnlich mischen sich den Exkursionen der einfachen stehenden Wellen noch mehr oder weniger Aliquotschwingungen bei, und man hört dann ausser dem Grundtone, den wir hier als 1 bezeichnen wollen, noch die mit den Zahlen 2, 3, 4 . . . übereinkommenden Neben- oder Aliquottöne, d. h. die Octave, deren Quinte, Doppeloktave, der letzteren grosse Terz u. s. w. Wenn das bei den Saiten, besonders Metallsaiten, wenigstens von geübten Ohren in den meisten Fällen wahrgenommen werden kann, so ist es bei ausgedehnteren, massenhafteren Tonkörpern noch auffälliger, am meisten (wie bekannt) bei den Glocken. An den Orgeln hat man sogar diese mitklingenden Töne durch Quinten-, Terzen- und Mixtur-Register künstlich nachgeahmt. Aus diesen und andern (jedoch erst später einsichtlich darzustellenden) Gründen scheint es mir wahrscheinlich, dass jeder Grundton, d. h. der durch eine einzige die ganze Länge des tonbestimmenden Körpers durchlaufende Welle erzeugte Ton, seine eigenthümliche Qualität einer Mischung mehrerer Wellensysteme verdankt, von welchem das der Zahl 1 angehörige allerdings die Oberhand behält, aber die mitvorhandenen der höheren Zahlen doch gerade das bewirken, was als Klangunterschied dieser Grundtöne (beim menschlichen Stimmorgan Brusttöne genannt) von den Aliquot- (Flageolet- oder Fistel-) Tönen, bei welchen nur eins dieser Wellensysteme in Thätigkeit ist, wahrzunehmen und aufzufassen ist. Wird nun dem so gemischten Grund- (Brust-) Tone der Mechanismus, der den der Zahl 1 entsprechenden Ton erzeugt, aus irgend einer Ursache entzogen oder unmöglich gemacht, so springt er in den Ton um, der der Zahl 2 (zuweilen 3) entspricht, und dies ist eben das Umschlagen, von dem wir vorhin sprachen und von welchem wir bei dem Kehlkopftönen noch Manches zu sprechen bekommen werden. Wie dem auch sei, so viel ist gewiss, dass diese Flageolettöne der Saiten sowohl als auch der elastischen Membranen, wenn sie auch an sich ganz wohl andere tonfähige Körper zum Mittönen bringen können, doch wenigstens einen solchen Konsonanzapparat, der zunächst für die Volltöne berechnet ist, nicht so vollständig in Mitschwingungen versetzen, als andere Töne, dass mithin Flageolettöne kleiner und leerer sind, als die Volltöne. Von Interesse wäre es, die sogenannten Resonanzfiguren der Flageolettöne mit den der Volltöne zu vergleichen, was, so viel ich weiss, bis jetzt noch nicht geschehen ist.

Bei dieser Gelegenheit wird es nicht unpassend sein, über den Begriff Tonregister uns genauer, und zwar so, wie wir denselben im weiteren Verlaufe unseres Werkes festhalten wollen, zu erklären. Der Name Register für eine Reihe ohne Sprünge fortlaufender, bis auf ihre Schwingungszahl gleichförmiger Töne ist nicht, wie in den Fällen, wo dies Wort zur Bezeichnung von Verzeichnissen u. dgl. gebraucht wird, vom lateinischen *Regesta* entlehnt, sondern, wie mir scheint, von *Regere*, Regiren, abgeleitet worden, da er zuerst (zu Ende des 15. Jahrhunderts) zur Bezeichnung der Vorrichtungen, durch welche ungleichartige Orgelstimmen von einander abgesondert wurden, gebraucht wurde*). Register bedeutet zunächst den viereckigen, mit einem Handgriff versehenen Stab, der an der sogenannten Parallele angebracht ist, und dieselbe beim Herausziehen so zur Windlade stellt, dass der Wind durch die in ihr befindlichen Löcher in die über ihr

*) Vgl. Werner's Orgelschule 2 Thl. S. IV. Penig 1807. Zamminer a. a. O. S. 253.

stehenden Pfeifen gelangen kann. Später hat man diesen Namen auf die durch einen solchen Registerzug dem Winde zu öffnenden Pfeifen, d. h. auf die durch dieselben repräsentirte Orgelstimme übertragen, und was man einmal für die Orgel angemessen gefunden, das liess man nun weiterhin auch für andere Instrumente, welche mehr als eine Reihe gleichartiger Töne erzeugen, namentlich auch für das menschliche Stimmorgan gelten So unpassend nun auch dieser Ausdruck für jede Tonreihe gewählt ist, die nicht der Orgel angehört, so schwer würde es halten, denselben, da er einmal per abusum eingebürgert ist, wieder los zu werden: wir müssen ihn daher vor der Hand beibehalten. Unter einem Tonregister verstehen wir also, wenn wir von der Orgel absehen, eine fortlaufende, mehr oder weniger lange Reihe von Tönen, welche von dem betreffenden Instrument bei einem und demselben Schwingungsmechanismus oder bei gleichbleibendem Ansatz (Applikatur) sich bilden lassen, wobei sich auch die einmal vorhandene Zahl des oder der Schwingungsknoten, so wie das Timbre oder die Klangfarbe der Töne nicht ändern darf. Bei Streichinstrumenten unterscheiden wir wenigstens, wenn wir als Kriterium die Zahl der Knotenpunkte aufstellen, zwei Tonregister, die vollen Töne, bei welchen die Saite in ganzer disponibeler Länge schwingt, und die Flageolettöne, bei welchen sie mit zwei oder mehr Knotenpunkten schwingt. Doch lassen sich hier, ebenso wie bei den Klavierwerken, bei Vermeidung der Knotenbildung, einige, wenigstens dem Timbre nach verschiedene Tonreihen oder Register erzeugen, wenn die Anspruchsweise geändert, wenn die veränderten Ton- oder die Konsonanzmittel in geringerer oder grösserer Ausdehnung benutzt werden u. s. w. Bei den mit Löchern versehenen Holzblasinstrumenten, wo die jeweilige Länge des Ansatzrohrs die Tonstufe bestimmt, können wir so viele Tonregister unterscheiden als sich durch Veränderung der Luftgebung Knotenflächen in der Luftsäule erzielen lassen. Bei den Messingblasinstrumenten lassen sich Registerunterschiede nur durch gewisse Modifikationen des Lippenmechanismus und durch die sogenannte Stopfung erzeugen, während die Knotenflächenbildung ein zur Herstellung der normalen oder fundamentalen Tonreihe nothwendiges Erforderniss ist. Bei den elastischen Zungen und dem menschlichen Stimmorgan werden wir im Verlaufe unserer fernern Untersuchungen den Begriff Tonregister folgendermaassen feststellen. Tonregister ist hier eine sukzessiv durch alle, auch die kleinsten Intervalle erzeugbare mehr oder weniger lange Reihe von Tönen, die ihrem Timbre, wenn auch nicht allemal ihrer Stärke und Grösse nach, einander gleich sind, und durch Beibehaltung eines gewissen Schwingungsmechanismus, z. B. durch volle oder durch laterale Transversalschwingungen, durch Schaukelschwingungen, durch Aliquotschwingungen, durch durch- über- ein- oder aufschlagende Schwingungen u. s. w. erzeugt werden. Sobald bei Erzeugung einer beabsichtigten Tonfolge ein Sprung stattfindet, d. h. sobald der nächstfolgen sollende Ton um ein grösseres Intervall von dem vorher erzeugten absteht, ohne dass sich hier die Zwischentöne erzeugen lassen, da gehört allemal der eine Ton einem andern Tonregister an, als der andere. Ebenso, wenn zwei aufeinander folgende, gleichviel in welchem Intervall von einander abstehende Töne von merklich verschiedener Klangfärbung sind, ohne dass dieselbe in einer genügenden Modifikation des Luftanspruchs ihren Grund hätte. In der Regel werden wir daher Tonregister und Schwingungsmechanismus einander so ziemlich parallelisiren, da ersteres sich ohne letzterem nicht ändern kann.

Das dritte Requisit eines Tonvorgangs ist die Leitung der Tonwellen zum Gehörorgan, was, wie wir bereits eingangs dieses Abschnitts bemerkten, durch fortschreitende Wellen geschieht. Diese Leitung kann in einem festen, flüssigen oder luftförmigen Medium stattfinden. Sie ist für einen Tonvorgang am vollkommensten, d. h. die Schallwellen des Tonkörpers werden bei der Leitung am wenigsten geschwächt oder gestört, wenn das leitende Medium dem tönenden Material möglichst ähnliche Struktur hat. Tonwellen fester Körper werden daher besser durch feste Zwischenkörper zum Ohr geleitet, als durch Luft. Eine in freier Luft zwischen zwei dünnen Stäben aufgespannte Violinsaite klingt fast gar nicht; sobald man aber den einen dieser Stäbe so disponirt, dass er in das Ohr geschoben werden kann, so ist die Tonempfindung eine sehr bedeutende. Die Leitung durch feste Medien geschieht übrigens auch schneller als durch dünnere, namentlich durch die atmosphärische Luft. Das Weitere darüber lese man bei Eisenlohr, Baumgärtner oder Pouillet-Müller nach. Für gewisse Töne und Geräusche ist ein fester Zwischenkörper allerdings ein besseres Leitungsmittel, als die Luft, was besonders für die organischen Töne und Geräusche gilt, die innerhalb der Brust- und Bauchhöhle die vitalen Vorgänge begleiten, und welche man erst seit Anfang dieses Jahrhunderts genauer kennen gelernt hat, seitdem Laennec sein Stethoskop dazu zu benutzen anfing. Aber für musikale Zwecke giebt es kein anderes brauchbares Medium, Töne zum Gehörorgan zu leiten, als die atmosphärische Luft. Schon aus dem Grunde, weil nur diese die Leitung an mehrere Individuen auf einmal gestattet, ferner weil durch sie mehrere Töne auf einmal dem Gehörorgan zugeführt werden können, drittens weil die Reflexionsverhältnisse der Tonwellen in keinem Medium so mannichfaltig sind, als in der Luft. Alle musikalisch zu verwendenden Töne, alle Töne der menschlichen und thierischen Stimmen müssen daher so beschaffen sein, dass sie durch die einfachsten Vorrichtungen ohne erheblichen Verlust an und durch die atmosphärische Luft geleitet werden können. Da nun bei den Blasinstrumenten, besonders den blechernen, Tonwellen schon in der von ihnen eingeschlossenen Luftsäule gebildet werden, und ohne weiteres Zuthun in die diffuse Atmosphäre sich fortsetzen, klingen diese Instrumente, zu welchen einigermaassen auch das menschliche Stimmorgan gehört, im Allgemeinen (je nach dem Elastizitätsmodulus der mitschwingenden Wände) stärker, lauter, reiner, als die der meisten mit festem Material tonschwingenden Instrumente, bei welchen, wie oben erwähnt, erst ein, meist hohler, kastenartiger Konsonanzapparat nöthig ist, um einestheils die die Schallwellen an die Luft emittirende Fläche recht gross zu machen, anderntheils durch dieselbe möglichst viele Schallwellen auf einen mässig engen Hohlraum zu konzentriren, bevor sie in die diffuse und diffundirende Atmosphäre gelangen. Ueberhaupt sind alle musikalen Instrumente so konstruirt, dass sie möglichst viel Tonwellen möglichst weit zu leiten und zu vertheilen fähig sind. Dies wird namentlich dadurch erreicht, dass die Tonwellen, sobald sie an die Atmosphäre gelangen, nicht sofort auseinander fahren, sondern noch eine Strecke in einem Strome oder Bündel vereinigt geradlinigt fortgehen, bevor sie sich vertheilen und umbeugen. — Sowohl kurze als lange Schallwellen breiten sich in der Luft von der Stelle aus, an welcher sie frei werden, d. h. der diffusen Atmosphäre sich mittheilen, nach allen Richtungen gleichmässig mit einer Geschwindigkeit von 1024 pariser Fuss in einer Sekunde aus. Wir können uns eine solche sich ausbreitende Schall-

welle als eine Hohlkugel vorstellen, welche in der Zeit von einer Sekunde sich so erweitert, dass ihr Halbmesser 1024′ beträgt. Diese sich für jeden Ton, mag er hoch oder tief sein, gleichbleibende Länge von 1024 Fuss ist, wie sich erwarten lässt, nichts Zufälliges, sondern etwas Nothwendiges, und durch folgende einfache Berechnung leicht zu ermitteln. Nehmen wir den tiefsten Ton der Orgel, der durch eine 32füssige Pfeife hervorgebracht wird, so wissen wir, dass derselbe einer kugelförmigen Schallwelle von 64 Fuss Halbmesser angehört, in deren Centrum die Tonbildung geschieht, von welchem Centrum aus sich der Ton nach allen Richtungen gleichförmig 64 Fuss weit bei jeder Welle verbreitet. Da nun dieser tiefe Ton 16 Schwingungen in der Sekunde macht, wovon jede nächstfolgende einen gleichlangen den der vorhergehenden fortsetzendem Raum einnimmt, so hat dieser Ton nach der Dauer einer Sekunde einen 64 × 16 Fuss langen Raum durchschritten, hat sich also 1024′ weit fortgepflanzt. Nehmen wir nun einen beliebigen höhern Ton, z. B. c^3, der in der Orgel durch eine $\frac{1}{2}$füssige Pfeife erzeugt wird, dessen Wellenlänge also 1′ beträgt. Die Schwingungszahl dieses Tons beträgt 1024, also genau so viel, als der Schall Fuss in einer Sekunde zurücklegt. In gleicher Weise verhält es sich mit allen übrigen Tönen. Will man also die Länge einer Schallwelle finden, so muss man die Zahl 1024 durch die Schwingungszahl des zu untersuchenden Tones dividiren. Daraus geht hervor, dass die Wellenbewegung in der atmosphärischen Luft bei allen Tönen eine gleichmässige ist, und dass sie bei höhern Tönen nur rascher unterbrochen und von neuem begonnen wird als bei tiefen. Daraus folgt ferner, dass caet. par. ein hoher Ton das Gehörorgan in gleichem Grade afficiren muss, als ein tiefer, weil das, was in ersterem Fall durch die Menge der Schwingungen in einem gewissen Zeitmoment gewonnen wurde, in letzterem Falle durch die Grösse (Länge) derselben ersetzt wird. Dabei findet keine fortschreitende Bewegung der einzelnen Lufttheilchen statt, nur eine Vibration oder ein Erzittern derselben, das wir wenigstens an seinen Wirkungen, die es auf unsere Nerven, so wie auf feste mitklingbare unterwegs betroffene Gegenstände ausübt, erkennen, wenn gleich wir sonst keine exakte Definition davon geben können. Von dieser Expansion oder Fortschreitung der Schallwellen verschieden ist die Bewegung eines tönenden Luftstromes, welches ein komplizirterer Vorgang ist. Ein tönender Luftstrom ist eine gewisse Quantität Luft, die in einer Schall- oder Stimmritze primär oder sekundär in stehende Wellenbewegung versetzt und nach Umständen mit einer neuen Quantität Luft, die er durch Mittheilung gleichfalls in Wellenbewegung versetzte, verstärkt in einer gewissen, durch feste Wände, welche ihn von Anfang an eine beliebige Strecke weit umschliessen, vorgezeichneten Richtung bewegt wird, und auf diesem Wege ganz in gleicher Weise nach Umständen beschleunigt, retardirt, reflektirt oder gebeugt wird, als wenn seiner Bewegung die Wellenbewegung gar nicht beigegeben wäre. Aber auch letztere folgt in dieser Hinsicht denselben Gesetzen, wie erstere, es wird daher die Fortschreitung einer Welle in einem bereits bewegten Luftstrom um so viel beschleunigt, als die Geschwindigkeit der mit ihr fortschreitenden Luftmasse beträgt.

Jede Welle wird demnach von einer festen Wand unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter welchem sie auffällt. Nennt man die zu irgend einem Theile w der Welle mbn senkrechte Linie cd den Wellenstrahl der einfallenden Welle, und die Linie dg, welche zu dem in d reflectirten Theile

der Welle *uk* senkrecht ist, den Wellenstrahl der zurückgeworfenen Welle, ferner die zur Ebene *uv* senkrechte Linie *ds* das Neigungsloth, so lautet obiger Satz so: Der einfallende und der zurückgeworfene Wellenstrahl müssen mit dem Neigungslothe gleiche Winkel bilden. Dasselbe gilt von geradlinigen Wellen, weil die gerade Linie als ein Theil eines sehr grossen Kreises betrachtet werden kann. Daraus folgt, dass die im Mittelpunkte eines kreisförmigen Gefässes, dessen Wände lothrecht sind, erregten Wellen beständig nach diesem Mittepunkte zurückkehren müssen, ebenso wie die von einem Kreisabschnitt (einer Hohlfläche) erregten Wellen in dem diesem Kreise entsprechenden Mittelpunkte sich vereinigen müssen. Am meisten Anwendung findet diese Regel bei der Laute, deren Kasten ein ziemlich reguläres Kugelsegment bildet, bei den Pauken, zum Theil auch bei den Glocken. Aus obigem Gesetz folgt ferner, dass alle Theile einer in dem Brennpunkte *a* einer Parabel *mno* erregten Welle nach der Zurückwerfung von der Wand *mno* in gerader Linie parallel zur Axe ab fortgehen müssen, ebenso wie alle in der Richtung der geraden Linien auf die parabolische Fläche *mno* einfallenden Wellen im Brennpunkte *a* sich vereinigen müssen. Ein kleiner Theil eines Kreises reflektirt die Wellen ebenso, wie eine Parabel. Ebenso müssen alle Theile einer in dem einen Brennpunkte einer Ellipse erregten Welle zugleich in dem andern Brennpunkte eintreffen. Vergl. Eisenlohr a. a. O. §. 158.

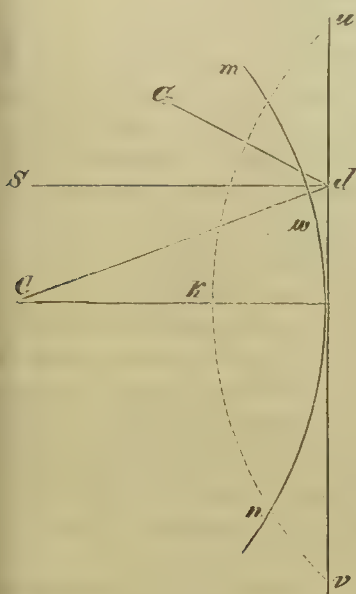


Fig. 83.

Daraus folgt, dass bei den musikalen Instrumenten ganz andere Principien der Konstruktion zu befolgen sind, als bei der Konstruktion der Hör- und Konzertsäle. Bei erstern handelt es sich, die Tonwellen möglichst zu vervielfältigen und auf einen möglichst kleinen Raum zu konzentriren, bevor sie an die atmosphärische Luft emittirt werden; bei letztern dagegen kommt es darauf an, die der Luft übertragenen Schallstrahlen so viel und so gleichmässig als möglich zur Divergenz zu bringen und zu verhüten, dass sich einzelne bevorzugte Brenn- oder Anhäufungspunkte bilden. Die Gesetze der Parabel finden einige Anwendung beim Sprachrohr, so wie auch mit gewissen Modifikationen bei allen sich vom Mundstück ab erweiternden Blasinstrumenten. Die Schalltrichter sind dagegen nicht paraboloidisch, sondern cykloidisch gekrümmt, um die Emanation der Schallstrahlen nicht parallel auf einen beschränkten Fleck hin, sondern divergirend, stattfinden zu lassen.

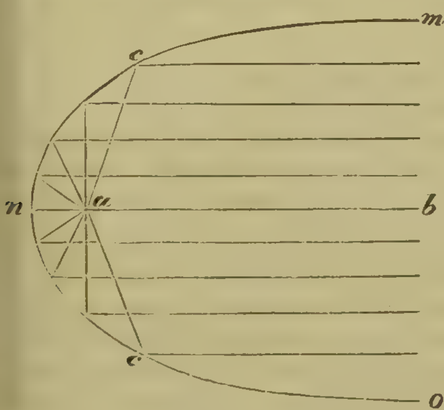


Fig. 84.

So lange der Luftstrom durch keine andere Kraft gestört wird, bewegt er sich in der ihm vom Stoss mitgetheilten geradlinigen Richtung unverändert fort. Aber die atmosphärische Luft ist, wie jede andere Gasart, beweglicher, und giebt äussern ihr Gleichgewicht störenden Einflüssen leichter nach, als feste Körper. Sobald auf einen geradlinig fortschreitenden Luftstrom eine von der Seite kommende Propulsivkraft in fortschreitender Weise einwirkt, wird seine Bewegung in eine krummlinige abgeändert. Man kann hier den Luftstrom als eine unendlich grosse Summe von sehr kleinen, hinter- und nebeneinander liegenden festen Körpern ansehen, die hinter einander von derselben Stosskraft bewegt wurden, und auf jedem Punkte ihrer Bahn jeder einen neuen Stoss von der Seite erhält, wodurch er jedesmal ein wenig von seiner bisherigen Richtung abgelenkt wird. Jeder leere oder wenigstens leerere Raum bewirkt durch die Anziehungskraft die er *ob fugam vacu* auf einen in seiner Nähe sich bewegenden Luftstrom ausübt, eine solche Ablenkung. Jede Zurückwerfung eines Theils des Luftstroms unter einem stumpfen Winkel, so dass diese Strahlen wieder in den Hauptstrom zurückgebeugt werden, ändert die Richtung desselben ab. Ob nun ein solcher bewegter Luftstrom ein tönender, d. h. aus fortschreitenden Schallwellen bestehender, ist, oder ein nicht tönender, durch eine einfache, stätige Stosskraft bewegter, das ist hinsichtlich des Resultats ganz einerlei. Man nennt diese durch die gedachten Hindernisse bewirkte Ablenkung der Luftwellen vom geradlinigen Fortschritt Beugung.

Diese Beugung spielt bei der Fortpflanzung der Schallwellen durch die Luft eine wichtige Rolle. Ohne dieselbe würde z. B. hinter einer halbgeöffneten Thür von der Musik, die im Zimmer gemacht wird, nichts vernommen werden. Die Beugung ist ferner das Mittel, die im Kasten der Violine u. s. w. vereinigten (von den Wänden ausstrahlenden) Tonwellen an die äussere Luft so überzuleiten, dass sie sich darin schnell genug ausbreiten. Die noch wichtigere Rolle, die sie, sammt der Durchkreuzung und Interferenz der Wellen, bei der Tonbildung selbst spielt, werden wir im nächsten Abschnitte genauer untersuchen.

Ueber die Zurückwerfung der Schall- oder Tonwelleu im strengeren Sinne des Worts, d. h. an denselben Ort, von wo sie ausgingen, haben wir für unsern Zweck wenig zu sagen. Bekanntlich beruht auf diesem Vorgang (oder Rückgang) das Echo, der Wiederhall, resonitus (welches letztere Wort völlig gleichbedeutend ist mit Resonanz, obwohl dieser Ausdruck, wie wir oben erwähnten, fast immer fälschlich für Konsonanz gebraucht wird). Da jede Tonwelle, sie mag eine kurz- oder langdauernde sein, in der atmosphärischen Luft in 1 Sekunde 332 Meter oder gegen 1024 pariser Fuss zurücklegt, das Ohr aber in 1 Sekunde höchstens 9 Silben oder 10—12 musikalische Töne unterscheiden kann, so wird in den gewöhnlichen Hör- und Konzertsälen, Kirchen u. s. w. eine Beeinträchtigung des Verständnisses durch ein Echo nicht zu besorgen sein. Denn um die erste Silbe eines neunsilbigen Wortes in einer das Verstehen der letzten, zu Ende der Sekunde gesprochenen oder gesungenen Silbe gefährdenden Weise zurückzubringen, müsste die Wand, gegen welche gesprochen wird, 166 Meter entfernt sein. Ist die Wand dagegen näher, so wird das Aussprechen der letzten Silbe das Vernehmen der ersten, zurückkommenden Silbe stören oder unmöglich machen, so wie überhaupt unter allen Umständen ein einsilbiges, den Zeitwerth von $1/_9$ Sekunde habendes Echo nur in einem Raume entstehen kann,

dessen Wände mindestens $18\frac{1}{2}$ Meter oder 55 Fuss weit vom Sprecher, Sänger oder Musiker entfernt sind. Aber auch ein solches Echo ist nur in regelmässig viereckigen Zimmern oder Sälen möglich, in ovalen, mit Wölbungen u. s. w. versehenen kommt der Schall nicht oder nur zum kleinen Theile, also in nicht störender Weise zurück. Im Allgemeinen ist die Zurückwerfung der Schallwellen in den meisten Räumen der Verständlichkeit eher günstig als ungünstig, weil die Stärke des Schalls sehr vergrössert wird, wenn die Schallwelle, nachdem sie von den Wänden zweimal zurückgeworfen worden ist, mit der folgenden, vom schallenden Körper ausgehenden zusammentrifft. Aber auch das Mittönen der Wände hat darauf Einfluss. Aus letzterem (Konsonanz) und dem Wiederhall (Resonanz) vereinigt entsteht das, was gewöhnlich Nachhall, Nachklingen genannt wird, in Kirchen, Hör- und Konzertsälen allerdings oft störend wirkt, und daher bei der Konstruktion solcher Gebäude möglichst zu verhüten gesucht wird. Letzterer Zweck wird einestheils dadurch erreicht, dass man dem Raume Wände mit verschiedenen Ausbuchtungen, Wölbungen, Vorsprüngen u. s. w. giebt, an und in welchen Brechungen und Beugungen der Schallwellen nach verschiedenen Richtungen möglich sind; anderntheils, was bei Musiksälen besonders zu beobachten ist, dass man das Mitklingen der Wände verhütet, indem man sie mit unelastischen, rauhen Körpern bedeckt oder ihr Inneres mit dergleichen Körpern (Schutt, Sägespähnen u. dgl.) ausfüllt. Dass man ferner einen Konzertsaal, um äussere Störungen von ihm abzuhalten und die Musiktöne besser auf ihn allein zu begrenzen, wo möglich in der Mitte eines grössern Gebäudes anbringt, so dass die Hauptwände des letztern einige Fuss von denen des Saals selbst entfernt sind, soll hier nur nebenbei bemerkt sein.

Nach diesen akustischen Vorbemerkungen kehren wir zu unserem Stimm- und Sprachorgan zurück, freilich um es bald wieder zu verlassen. Wir haben dasselbe bei unsern anatomischen Betrachtungen bereits im Sinne eines musikalen Instruments aufgefasst, und demgemäss seine einzelnen Bestandttheile als Windrohr, Mundstück und Ansatzrohr unterschieden. Doch ist diese Auffassung nur eine einseitige, und nur insoweit gerechtfertigt, als man den ganzen Organkomplex als blosses Tonorgan auffasst, und auf die verschiedenen im Ansatzrohre liegenden mit oder ohne den Kehlkopf in Wirksamkeit tretenden zu gewissen sprachlichen Geräuschen oder Lauten dienenden Organe keine Rücksicht nimmt. Die hörbaren Phänomene, welche in und durch den oberen Theil unseres Respirationskanals erzeugt werden können, sind sehr mannichfaltig. Harless unterscheidet dieselben als Töne, Klänge und Laute, Bindseil als Schall, Hall und Gall: beide Unterscheidungen sind unzweckmässig, denn kein Ton ist ohne Klang, und mehrere Laute (Sprachlaute) erfordern wesentlich einen Ton zu ihrem Zustandekommen. Die Ausdrücke Schall, Hall, Gall beziehen sich bloss auf den Intensitätsgrad des Anlautes, oder auf die Stellung und Lagerung, welche die Organe im Momente des Einsetzens eines Schallphänomens gegenseitig annehmen. Wir wollen daher von jenen Trilogien absehen und die vom menschlichen Simm- und Sprachorgan leistbaren Schallphänomene zunächst in Töne und Geräusche unterscheiden, d. h. in solche, die aus gleichar-

tigen*) Schallwellen (Tonwellen) zusammengesetzt sind, und in solche, welche aus ungleichartigen, von mehr oder weniger unelastischen Körpern erregten, Schallwellen oder blossen Stössen bewirkt werden. Diese beiden Hauptabtheilungen werden natürlich beim weitern Fortgang unserer Untersuchungen in mehrere Unterabtheilungen zu zerfällen sein. Töne sind zunächst nur auf dem Kehlkopfe und den Lippen, also am Anfangs- und am Endstück des ganzen menschlichen Stimmorgans erzeugbar, während die zwischen diesen beiden Organen liegenden Theile nur Geräusche zu bilden fähig sind. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass auch Kehlkopf und Lippen unter Umständen unreine oder geräuschartige Töne hören lassen können.

*) Ohne hierdurch mit dem S. 287 Gesagten in Widerspruch zu treten.

A. TONBILDUNG.

Physiologie des Stimmorgans.

Töne zu bilden kann von verschiedenen Theilen des Kehlkopfs oder specifischen Stimmapparats vorausgesetzt werden. Harless unterscheidet hier einen dreifachen Weg: erstens die vom Apparat umschlossene Luftsäule, zweitens die elastischen Stimmbänder, drittens beide gleichzeitig. Dieser Unterschied bedarf nach dem, was wir bereits in den Vorbemerkungen angedeutet haben, einer Berichtigung. Wir haben gesehen, dass keine Luftsäule ohne ein Mundstück, das den primären Tonimpuls giebt, in tönende Schwingungen versetzt werden kann; wohl aber kann ein fester Körper ohne Beihülfe eines luftförmigen zum Selbsttönen gebracht werden. Ferner werden wir im Folgenden sehen, dass die Luft auch durch stehende Transversal- oder Kreuzungsschwingungen zum Tönen gebracht werden kann und hierzu keiner „Luftsäule" bedarf, und dass die Lippen, (zuweilen aber auch der Kehlkopf) ein in diesem Sinne fungirendes Tonwerkzeug abgeben. Demnach würde im menschlichen Stimmorgan die Tonbildung auf folgenden drei Wegen möglich sein:

1) Durch Luftwellen allein, und zwar a) entweder bloss durch transversale, d. h. solche, die durch Durchkreuzung mindestens zweier gegen einander bewegten Luftströme gebildet werden, und welche zu ihrem Zustandekommen weder eines eigentlichen Wind- noch eines Ansatzrohrs bedürfen, und sogar ein solches oft gar nicht zulassen. Oder b) durch transversale und longitudinale Luftwellen zugleich, wenn der die erstern erregende Apparat (Mundstück) mit einem Ansatzrohr verbunden wird, so dass in demselben durch jene primären transversalen sekundäre longitudinale Tonwellen erregt werden, welche dann die Tonstufe bestimmen. c) Durch longitudinale Luftwellen, die aber nur mittels eines Windrohrs, das sich an seinem Ende verengt oder dessen Luftstrom nach seinem Ausfahren auf ein Hinderniss stösst, zu Stande kommen, und selten rein sind.

2) Durch Fluido-Solidarwellen allein, in den Stimmbändern primär durch den Luftstrom erzeugt, und den übrigen soliden Theilen des Stimmorgans mitgetheilt, von welchen sie natürlich auch die Luftsäule des Ansatzrohrs erhält, ohne dass diese jedoch auf die Tonhöhe einen wesentlichen Einfluss ausübt.

3) Durch Fluido-Solidarwellen (der Stimmbänder) und (einem Gemisch aus transversalen und longitudinalen) Luftwellen (des Ansatzrohrs) gleichzeitig, so dass beide Wellensysteme die wesentlichen Eigenschaften des Tones bestimmen.

Es fragt sich nun, ob diese Unterschiede durch Beobachtungen und Versuche sich als wirklich, wenigstens wahrscheinlich, vorhanden herausstellen werden. Um diese Frage nach allen ihren Richtungen und Beziehungen genügend zu beantworten, um überhaupt zu einer einigermaassen klaren Einsicht in die verschiedenen Tonphänomene des menschlichen Stimmorgans

zu gelangen, sind wir genöthigt, zuvörderst die Erscheinungen und Gesetze der auf andern uns zu Gebote stehenden Wegen erzeugbaren Tonvorgänge, insoweit sie mit den des Stimmorgans verglichen werden können, zu studiren, damit wir ein solches Material gewinnen, massenhaft und mannichfaltig genug, dass wir aus ihm die Elemente für die zusammengesetzten Vorgänge des lebenden Organs herauszufinden und aus dem sinnlich Wahrnehmbaren das den Sinnen Entzogene zu ergänzen hoffen dürfen. Dürfen wir auch noch nicht erwarten, ins Innere oder Innerste der Natur der menschlichen Stimmphänomene einzudringen, so soll uns dieser Umstand doch nicht abhalten, gegen dieses Innere immer weiter, vor der Hand wenigstens weiter, als bisher geschehen ist, vorzudringen.

Der Gang unserer Untersuchungen über die Tonbildung wird sich demnach folgendermaassen gestalten:

I. Ueber die Lufttöne.
II. Ueber die Solidartöne, zunächst die Zungentöne elastischer Bänder.
III. Versuche am todten Kehlkopf und an den Mundlippen.
IV. Beobachtungen und Versuche am lebenden Stimmorgan.

Das Ergebniss aller dieser Untersuchungen wird dann die eigentliche Theorie der menschlichen Stimme enthalten, und soll demnächst zu verschiedenen praktischen Verwendungen benutzt werden.

I. Ueber die Lufttöne.

Die atmosphärische Luft kann im Allgemeinen auf dreierlei Wegen selbständig oder primär in tonfähige Schwingungen versetzt werden. Erstens indem eine unbewegte Luftmasse successiv kleine oder grössere rasch genug wiederholte Stösse (Verdichtungen) von einem festen, nicht selbsttönenden Körper erleidet, z. B. durch Flügelschlag eines Vogels oder Insekts, mag dasselbe fliegen oder schweben; oder von einer die Luft rasch durchschneidenden Metallkugel oder Peitschenschnur u. s. w. Hier wird die Luft entweder an einer und derselben Stelle, oder an mehrern hintereinander liegenden Punkten sukzessiv gestossen, dadurch abwechselnd verdichtet und verdünnt, und so in Wellenbewegungen versetzt. Zweitens, indem ein hinlänglich ergiebiger Luftstrom, mag seine Bewegung entstanden sein, wie sie will, und mag er bereits eine bestimmte Richtung haben oder nicht, bei seinem Forfgange ein solches (festes, nicht schwingendes) Hinderniss antrifft, das seine Strahlen bricht und zur Durchkreuzung nöthigt, wodurch an einer oder mehrern bestimmten Stellen in rascher Sukzession die bewegten Lufttheilchen abwechselnd verdichtet und wieder verdünnt werden, und dadurch stehende, tonfähige Wellen entstehen. Drittens, indem ein Luftstrom in einen Hohlcylinder durch eine enge Spalte getrieben wird, deren elastische Wände durch den Druck dieses Stroms abwechselnd in schneller gleichartiger Sukzession genähert und wieder von einander entfernt werden, wodurch gleichfalls in der Luft ein Wechsel von Verdichtung und Verdünnung unterhalten wird, der die Bedingung zur Tonbildung enthält. Von diesen drei Wegen können wir den erstern für unsern Zweck ganz aus dem Auge lassen, da die Bedingungen dazu in unserem Respirationsorgane nicht vorhanden sind, den dritten Weg werden wir passender im nächsten Abschnitt untersuchen, es bleibt daher für unsere gegenwärtige Beobachtung nur der zweite übrig.

a. Windrohrtöne. Kantentöne.

1) Wenn man mit dem bis auf eine kleine dreieckige Oeffnung geschlossenen Munde gegen irgend eine scharfe Kante, welche geradlinig oder etwas konkav gekrümmt läuft und den Lippen sehr nahe gehalten wird, mit schwacher Luftgebung bläst, so entsteht ein feiner, zarter, hoher Ton, der bei der geringsten Modifikation der Luftspannung seine Tonstufe ändert Es ist, um überhaupt hier ein Tonphänomen zu erhalten, fast einerlei, was man für einen Körper anbläst, wofern er nur so beschaffen ist, dass der Luftstrom dadurch gebrochen, also nicht völlig gedeckt oder unterbrochen wird. Selbst an cylindrischen Bleistiften habe ich bestimmbare, freilich sehr schwache Töne erhalten. Am vernehmlichsten und intensivsten fallen diese Töne aus, wenn man ein geradlinig geschnittenes Stück steifes Papier senkrecht zum Mundspalt und zur Gesichtsfläche mitten vor die Mundöffnung hält, wobei die Kante die beiden Lippen berühren kann. Oder man nehme ein plattenförmiges Stück Buchenholz von etwa 3″ Länge, $^3/_4$ bis 1″ Breite und 2‴ Dicke, schärfe es an dem einen Ende beilförmig zu, und zwar so, dass die scharfe Kante eine etwas einwärts (konkav) gekrümmte Linie darstellt, und halte diese Kante zur Mundspalte senkrecht, aber zur Körperaxe schräg, so dass der etwas niederwärts aus dem Munde kommende Luftstrom senkrecht auf die Kantenlinie auffällt. Bei einiger Uebung erhält man ein ganzes Register von Tönen, die sich ganz gut bestimmen lassen. Mittels der erwähnten Holzkante erhielt ich eine kontinuirliche Tonfolge von etwa g^1 bis g^4, also mindestens 3 Oktaven, die tieferen sehr schwachen Töne durch eine weitere, die höhern vernehmlichern Töne durch eine engere Mundöffnung, im Allgemeinen bei sehr schwachem, noch nicht die Tension der gewöhnlichen Exspiration erreichendem Luftanspruche. Ausserdem musste das Instrument (sit venia verbo!) für tiefere Töne etwas entfernter, für höhere etwas näher der Lippenöffnung gehalten werden. Ein einmal gebildeter Ton lässt sich durch stärkeres Anblasen etwas schwellen und dabei erhöhen: ein und derselbe Ton kann also mit verschiedenem Luftdruck und verschiedener Mundöffnung erzeugt werden Behält man eine und dieselbe Mundöffnung bei diesen Versuchen bei und ändert nur den Luftdruck, so lässt sich keine chromatische oder vollständige Tonfolge erzeugen, sondern die Töne springen in bestimmten Intervallen, wie bei der Trompete. Meinem Munde ist die Cdur-Tonart die geläufigste, die fast allemal bei diesen Versuchen wiederkehrte. Dasselbe geschieht, wenn man statt der Mundöffnung sich einer passenden Röhre zum Anspruch bedient. Meine Anspruchsröhre (die bereits zu unzähligen andern akustischen Versuchen gedient und sich als zweckmässig bewährt hat) ist aus Messing, 6″ lang, oben 3‴, unten $1^1/_2$‴ weit. Mittels derselben bilden sich an freien Kanten u. s. w. die Töne c^2, g^3, c^3, e^4, g^4, b^4 . . ., wie beim Horne. Eine weitere, aber etwas kürzere Anspruchsröhre, deren Ausflussöffnung $2^1/_2$‴ im Durchmesser hat, gab so ziemlich die Adur-Skala u. s. w. Es ist zur Tonbildung an sich nicht nothwendig, dass die Kante genau in beiden genannten Dimensionen senkrecht vor die Mundöffnung gehalten werde: sie kann nach allen beliebigen Richtungen von dieser Lage abweichen, wenn nur der Luftstrom die Kante trifft. Ob dies unter einem Einfallswinkel von 0, oder von 10, 30, 60, 90° geschieht, das ist gleichviel, nur nimmt die Intensität des Tons im Verhältniss ab. Ich habe noch bei einem Einfallswinkel von

140° Töne erhalten. Verstärken lassen sich diese Töne dadurch, dass man den Kantenkörper mit einem Hohlrand umschliesst, z. B., wenn man das beilförmige Holz mit der Hand umfasst, so dass sie eine Art Cylinder, den man mit der andern Hand noch vervollständigen kann, bildet. Hierher gehört auch ein Kinderspiel, dessen ich mich aus meiner Kindheit noch sehr wohl erinnere, und in welchem ich es damals zu einer gewissen Virtuosität brachte. Man nimmt ein Grasblatt von einer grössern Sorte, klemmt es zwischen die mit ihren äussern Flächen zusammengelegten Daumen, während die ganzen Hände ihre inneren Flächen gegen einander bewegen; so entsteht zwischen beiden Daumen eine Art Stimmritze, in welcher das Grasblatt senkrecht aufgespannt ist. Wird diese Stimmritze vom Mund angeblasen, so entsteht, wenn man die Kunst etwas geübt hat, ein sehr scharfer Kantenton, der aber sich leicht mit einem aufschlagenden Zungenton (s. diese Untersuchungen) vermischt, oder in einen solchen umspringt.

2) Die zweite Art, Lufttöne durch Brechung eines Luftstroms zu erzeugen, ist die, wo man diesen auf eine in sich zurücklaufende Kante, also durch ein Loch, bläst. Ein solches Loch kann entweder durch eine liegende oder durch eine stehende Kante gebildet werden. Ist es eine liegende, wird z. B. ein Kartenblatt oder Blech mit einem Loch von etwa 1''' Durchmesser versehen, und gegen dieses Loch mit der darauf senkrecht oder nicht zu schief gehaltenen Messingröhre geblasen, so ertönt, wie im vorigen Falle, nur weit deutlicher und bestimmter, die Cdur-Skala ohne die Zwischentöne. Bei diesem Versuche ist es gut, wenn das Lumen der Anspruchsröhre etwas weniges weiter ist, als der Durchmesser des Lochs. Doch bleibt sich hinsichtlich der Tonhöhe die Wirkung ganz gleich, mag das Loch wenig oder viel kleiner sein, als die Anspruchsöffnung der Röhre, ja es kann auch grösser sein, nur gelingen dann nicht so viel Tonstufen. Das Loch kann ferner rund, eckig oder spaltförmig sein, ohne dass das Resultat wesentlich verändert wird. Bei einem Loch von 1''' Durchmesser gelangen die tiefsten Töne am besten, wenn die Mündung des Tubulus etwa $\frac{1}{2}$' entfernt gehalten wurde; je höher der gewünschte Ton, desto näher musste dieselbe dem Loche sich nähern, bis auf 1'''. In etwa gleichem Verhältniss musste die Tension des Luftstroms zunehmen. Nimmt man statt des Blattes oder Bleches ein dünnes Bret, so dass das Loch schon etwas kanalartig wird, so bleiben die Erscheinungen im Wesentlichen dieselben. Ein Lineal von $2\frac{1}{2}$''' Dicke wurde an mehrern Stellen durchlöchert, die Löcher 1 bis 3''' weit gemacht, und dieselben mit Röhren verschiedenen Kalibers angeblasen. Abermals gab die engere Röhre die C-, die weitere die A-Skala: die Grösse der Löcher und die Dicke des Bretes hatten also keinen direkten Einfluss auf die Höhe des Tones, welcher demnach zunächst von der Länge und Weite des Anspruchsrohrs bestimmt wird. Stellt man dieselben Versuche mit Mundanspruch an, so ändert sich daher auch die Tonart je nach der Weite der Lippenöffnung. — Ist dagegen die in sich zurücklaufende Kante, gegen welche geblasen wird, eine stehende, d. h. ein Abschnitt eines Hohlcylinders, einer Röhre, so gestalten sich die Tonphänomene schon komplicirter. Bläst man mittels des gedachten Tubulus oder mit analoger Mundöffnung gegen die dem Luftstrome gerade überstehende Oeffnung einer sehr kurzen, die Länge eines halben pariser Zolles nicht überschreitenden Röhre (die man zu diesem Behufe am besten, um die Töne durch Konsonanz zu verstärken, in ein passendes Loch steckt,

das in ein hölzernes Lineal oder dergleichen gebohrt ist), so weichen die Töne, die man auf diese Weise erhält, von den auf einer liegenden Kreiskante erzielten nicht ab. Ist aber die angeblasene Röhre länger, 1" und darüber, so lassen sich zwar durch Tubularanspruch, der hier sehr schwach sein muss, dieselben Töne, die dem Kantenanspruch zukommen, erhalten, aber sobald der Anspruch schärfer und schräger, am besten mit dem Munde, genommen wird, so tönen die dieser Rohrlänge zukommenden Pfeif- oder Knotentöne, die demnach einer andern, unter c. zu beschreibenden Klasse von Tönen angehören.

Was nun diese ganze Klasse von Tönen im Allgemeinen anlangt, so unterscheiden sie sich auf das erste Angehör von allen andern Tönen dadurch, dass sie sehr dünn, zart und hoch sind, dass sie mit Tubulus erzeugt, immer, mit dem Munde, gewöhnlich dieselbe Sukzession haben, wie die Töne der Trompete, und dass sie nur ansprechen, wenn das zu ihrer Erzeugung genommene Rohr erstlich nicht über 3" Weite (am Ausströmungsende) hat, zweitens vom Einströmungs- bis zum Ausströmungsende sich konvergirend verengt. Versucht man grössere oder gleichkalibrirte Röhren, oder macht man das untere Ende zum obern, so erfolgt schlechterdings kein Ton, man mag blasen, wie man will. Selbst wenn man in ein sonst brauchbares konvergirendes Rohr ein dünneres gleichkalibrirtes Rohr ansteckt, gelingt kein Ton.

Ich habe Eingangs dieses Abschnitts diese Töne Windrohrtöne genannt, und zwar deshalb, weil die Tonbildung oder Tonbestimmung hier im Windrohr selbst erfolgt. Denn dasselbe Tonphänomen, dieselbe Reihe von Aliquottönen, die wir bei den erwähnten Versuchen wahrnehmen, findet statt, wenn man das gebrauchte Rohr selbst mit dem Munde oder sonst auf irgend eine Weise am obern oder untern Ende mit verschieden gespanntem Luftstrom anbläst. Manche Röhre, wenn sie an ihrem engeren Ende irgend ein Hinderniss findet, giebt selbst dann, wenn man sie am weitern Ende in den vollen Mund nimmt, und mit sehr schwacher Luftgebung durchbläst, einige solcher, natürlich noch weit schwächer ausfallender Töne. Die Theorie dieser Tonphänomene ist meines Erachtens für die gesammte Akustik von Wichtigkeit, indem sie gerade gewisse noch streitige Fundamentalprincipien berührt.

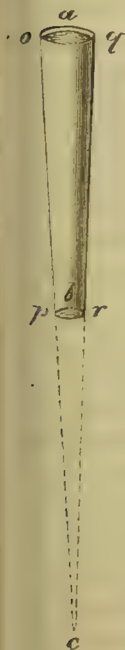


Fig. 85.

Wenn (Fig. 85.) ein Luftstrom durch ein sich allmählig verengendes hinreichend dünnes Rohr in der Richtung von *a* nach *b* geblasen wird, so wird in einiger Entfernung von der Mündung *b* eine Stelle sein, wo sich die in der Richtung der Rohrwände fortgehenden koncentrirten Luftstrahlen (abgesehen vorläufig von den hierbei möglichen Hemmnissen oder Schwächungen) durchschneiden. Es ist dies der Punkt, in welchem beide Rohrwände *op* und *qr* bei ihrer Verlängerung zusammentreffen würden, in unserem Falle also *c*. Nimmt man dafür einen Cylinder mit etwas konvexer Wandung (Fig. 86.) so wird diese Durchschneidung an einer der Oeffnung *b* weit näher liegenden Stelle *c* erfolgen. Jede solche Durchschneidung konvergirender Luftstrahlen enthält wegen der dabei stattfindenden Sukzession von Verdichtung und Verdünnung der Lufttheilchen die Bedingungen zu einer Tonwelle, die von jener Stelle, wo jene

Molekularbewegung stattfindet, ihren Ausgangspunkt nimmt. Wir wollen daher jenen Punkt *c* den Schall- oder Tonfokus nennen. In Fig. 85. würde demnach die Tonwellenbildung in *c* vor sich gehen, wenn nicht die Luftstrahlen auf dem ziemlich langen Wege von *b* nach *c* durch die Einwirkung der äussern Luft zu sehr diffundirt und in ihrer Propulsivkraft geschwächt würden, so dass sie in *c* nicht mit zur Tonbildung genügender Intensität ankommen. Dagegen ist der Cylinder *a b* (Fig. 86.) vollkommen geeignet, in *c* einen tonwellenerregenden Vorgang zu bewirken. Wird nun (Fig. 87.) zwischen *b* und *c* ein Körper *d* gebracht, der eine hinlängliche brechende Fläche darbietet, so wird dadurch, und durch die an derselben stattfindende Ablenkung und Beugung der Luftstrahlen jene Kreuzung oder Durchschneidung derselben beschleunigt oder anticipirt, der Tonfocus der Mündung *b* näher gerückt, so dass er nach *e* zu stehen kommt, und die Tonwellenbildung eine vollständigere wird. Nehmen wir nun den Punkt *e* oder in Fig. 86. den Punkt *c* als Mittel- oder Erregungspunkt der ersten Welle, so wird dieselbe von hier aus sich excentrisch nach allen Richtungen mitzutheilen und auszubreiten streben. Da sie aber nirgends einen geeigneteren Konsonanzraum vorfindet, als in dem eben zu ihrer Erregung gebrauchten Rohre, und da die Bewegung der in demselben eingeschlossenen Luftsäule, obwohl der vorhandenen Wellenbewegung entgegengesetzt, nicht so bedeutend ist, um letztere aufzuheben — gleichwie auch in einem fliessenden Wasser recht wohl eine Wellenbewegung möglich ist, die der Stromrichtung entgegen geht —, so werden sich in dem Rohre, also im Windrohre, Wellen bilden, welche eine der Anspruchsrichtung entgegengesetzte Richtung haben. Der Erregungspunkt an der Kante wirkt hier, wie der Finger an der Violinsaite, wenn sie Flageolettöne geben soll. Je nachdem der Anspruchsluftstrom mit geringerer oder grösserer Intensität auffällt, sukzediren die Verdichtungen u. s. w. einander langsamer oder schneller, es bilden sich daher nur ein oder mehrere Schwingungsknoten (*f g*) in der Röhre. Das Resultat ist daher ganz dasselbe, als wenn in die Röhre selbst geblasen würde, d. h. als wenn die Kante der obern oder untern Mündung derselben ebenso angesprochen würde, wie durch den die Röhre passirenden Luftstrom die vor der Röhre befindliche Kante. Dass die Grösse der Windrohr- oder Kantentöne ungleich bedeutender, der Klang dieser Töne also voller ist, wenn die Kante in sich selbst zurückläuft, bedarf wohl keiner ausführlichen Erörterung. Die einzelnen Brechungen und Beugungen, die an einer geradlinigen Kante hintereinander liegen und von den Einflüssen der umgebenden Luft beiderseits getroffen wurden, konzentriren sich hier auf einen gemeinschaftlichen Fokus, in welchem die Summe der Interferenzen der einzelnen Beugungswellen zusammentrifft. Dieselben Gesetze, die für die konvergirenden Röhren, gelten auch für die Mundhöhle, welche gleichfalls als ein sich bis zur Lippenöffnung verengender Windkanal zu betrachten ist. — Durch Einziehen der Luft ist bei allen diesen Versuchen durchaus keine Tonbildung möglich, da die Bedingungen dazu noch gänzlich fehlen.

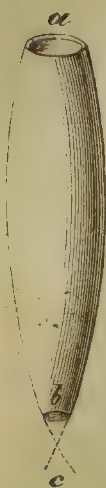


Fig. 86.



Fig. 87.

b. Windkesseltöne. Kesselpfeifen.

Bei den bisherigen Versuchen war zwischen der Windrohrmündung (oder Mundöffnung) und der beugenden Kante ein freier Raum. Wird dieser Raum begrenzt oder gefasst, wird z. B. ein kleiner Hohlkörper mit zwei einander gegenüberliegenden Löchern versehen, in das eine die Windrohrmündung gesteckt, und nun ein Luftstrom in der bisherigen Art und Weise durchgeblasen, so ändern sich die tonbestimmenden Verhältnisse, die Tonphänomene selbst erhalten andere Eigenschaften und werden mannichfaltiger. Wesentlich für die jetzt zu betrachtenden Tonphänomene ist ein Windkessel, dessen Durchmesser von vorn nach hinten in der Regel noch unter 1'' sein muss, eine Einströmungs- und Ausströmungsöffnung, welche beide jedoch auch in einer einzigen zusammenfallen können. Die hierbei zu verwendenden Apparate wollen wir Kesselpfeifen nennen.

1. Kesselpfeifen mit zwei Oeffnungen.

Als Uebergangsversuch von der vorigen Reihe zu der folgenden mag dieser dienen. Ein gewöhnlicher, etwas bauchiger Eichelkelch von grösserem Kaliber wurde in seinem Grunde mit einem Loche von etwa 1½''' Durchmesser versehen, die Oeffnung des Kelchs mit einer Korkplatte geschlossen, in deren Mitte ein etwas weiteres Loch geschnitten war. In dieses letztere Loch steckte ich das enge Ende der Anspruchsröhre und bliess. Vorerst bemerke ich, dass, wenn ich mittels dieser Röhre gegen das Bodenloch des Eichelkelchs bliess, bevor seine Apertur bedeckt und geschlossen war, die Tonreihe genau sich so verhielt, als wenn ich mit derselben Röhre gegen eine liegende Kreiskante bliess. Jetzt aber, nachdem der Windkessel durch Deckung des Kelchs hergestellt war, erfolgten, statt der früheren Tonreihe c^3 g^3 c^4 e^4... folgende Töne: c^3 f^3 a^3 c^4, also statt der C-Skala jetzt, wie es schien, die F-Skala*). Ferner: während früher Erweiterung oder Verengerung des Kantenlochs keinen Einfluss auf die Tonstufe und Tonart hatte, so bewirkte jetzt einige, nicht eben erhebliche Erweiterung des Bodenlochs eine Erniedrigung der Tonstufe um ½ bis 1 Ton, es erschienen nämlich die Töne h^2 (b) fis^3 (g) h^3 (b).. Ausserdem vertrugen diese Töne mehr Wind, als die der Reihe a, liessen sich etwas schwellen, wobei sie sich um ½ Stufe erhöhten (siehe z. B. die letzte Tonfolge), endlich liessen sich diese Töne, wenigstens immer einer (der obere Oktaventon) auch durch Einziehen der Luft, durch Inspiration erzeugen. Ueberhaupt war immer, auch beim gewöhnlichen Expirationsanspruche, ein Ton aus der überhaupt möglichen Tonfolge der beste und vollste, wenigstens verhältnissmässig, denn eine sonderliche Fülle und Stärke besassen alle diese Töne noch nicht.

Anders verhielt es sich, wenn das Windrohr entfernt und das Instrument mit vollem Munde intonirt wurde. Jetzt verhielt es sich dem bereits bekannten und von Savart untersuchten sogenannten Vogelrufe der Jäger**) und der Büchse Kempelen's***) einigermaassen analog. Wie schon erwähnt, war die vordere, in der Korkplatte befindliche Oeff-

*) Das f der obern Oktave wollte jedoch durchaus nicht gelingen, auch kam die Tertie a^3 nur einigemale, weshalb man auch die Tonart als ein etwas verkrüppeltes C-dur ansehen könnte, zumal da durch Erweiterung des Lochs offenbar H-dur erschien.

**) Magendie Journ. de Physiol. V. 367.

***) Mécanisme de la parole etc. Vienne 1791. Tab. VI.

nung, das Deckelloch, etwas weiter, als die im Grunde des Kelchs befindliche, die wir die hintere oder das Bodenloch nennen wollen. Bliess ich diese Pfeife vom Deckelloch an, so gelang nur mit schwachem Athem ein Ton, der sehr dünn und schwach war. Umgekehrt dagegen angeblasen gab das Instrument einen starken, vollen, kräftigen Luftanspruch erfordernden Ton, dessen Charakter von allen bisher mit Windrohr erhaltenen Tönen durchaus verschieden war, und dessen Tonstufe cis^4 betrug. Derselbe Ton, nur etwas schwächer, entstand, wenn bei Vorderanspruch die Luft kräftig inspirirt wurde. — Das Loch, zu welchem die Luft ausfährt, können wir auch das Schallloch, das, zu welchem sie einfährt, das Mundloch nennen. Es kann also sowohl das Deckelloch als auch das Bodenloch bald zum Mundloch, bald zum Schallloch dienen. Beide diese Löcher können bei den Kesselpfeifen reell sein, oder es kann das Mundloch sammt der ganzen Wand, in welcher es sich befindet, von den an die Kesselöffnung gedrückten, bis auf eine entsprechende Oeffnung dieselbe deckenden Lippen des Experimentirenden vertreten werden. Die einfachste Vorrichtung ist ein nicht zu tiefer oder zu bauchiger Eichelkelch, in dessen Grund eine Oeffnung gebohrt oder geschnitten ist. Eine Wallnussschale, eine halbirte ausgehöhlte Kastanie thun jedoch die nämlichen Dienste. Ueberhaupt giebt fast jeder nicht zu grosse hohle Körper, der an zwei einander so ziemlich gegenüberstehenden nur wenige Linien weit von einander abstehenden Stellen eine Oeffnung hat, die mehremal kleiner ist, als der Durchmesser der Höhle, an der einen Oeffnung mit dem Munde angeblasen einen vernehmlichen, selbstständigen Windkessel- oder Pfeifton. Zahlreiche Versuche, die ich über diese Töne angestellt habe, haben etwa zu folgenden Resultaten geführt. Je grösser das Schallloch im Verhältniss zum Hohlraum ist, desto stärker muss der Luftanspruch sein, und desto höher und intensiver fällt der Ton aus. Durch Verkleinern des Schalllochs wird der Ton caet. par. vertieft, freilich auf Kosten der Stärke. Ausserdem wird die absolute Tonhöhe vom kubischen Inhalte des Instruments bestimmt, und zwar so, dass bei gleichem Verhältniss des Schalllochs zum Hohlkörper ein geräumigeres Instrument einen tieferen Ton giebt, als ein kleineres. Ueber das Verhältniss der Weite des Mundlochs zu der des Schalllochs habe ich zwar noch zu keinem sichern Resultate kommen können; in der Regel fand ich jedoch, dass das Mundloch enger gemacht werden muss, als das Schallloch, um einen guten Pfeifton zu erhalten. Letzteres wird gleichfalls erreicht, wenn das Schallloch spaltförmig ist, d. h. etwa doppelt so lang und noch nicht so breit, als der Durchmesser des (runden) Mundlochs. Dreht man eine Kesselpfeife um, so dass das bisherige (weitere) Schallloch zum Mundloche wird, so wird der Ton, wenn er überhaupt anspricht, zwar nicht tiefer, aber dünner. Sonst können beide Löcher gestaltet sein, wie sie wollen, rund, oval, lanzenförmig, eckig u. s. w. Auch kann die Aushöhlung des Instruments eine sehr irreguläre sein, ohne dass die Entstehung des Tones dadurch behindert würde. Wo bei einer und derselben Schallöffnung mehrere Töne möglich waren, da wurden die tiefern durch eine engere, die höhern durch eine weitere Anspruchsöffnung des Mundes erzielt. Manche dieser Apparate geben auch bei schwächerem Luftanspruch einen etwas tieferen Ton, bei stärkerem einen höhern. Sobald aber ein Ansatzrohr einem solchen Pfeifapparat angefügt wird, verschwindet der Ton sofort und gelingt überhaupt nicht mehr. Dies ist ein wichtiger Unterschied dieser Apparate von der im folgenden Abschnitt zu erwähnen-

den Reihe. — Endlich gelingen bei den meisten der hierher gehörigen Apparate Töne nicht nur beim Ausblasen, sondern auch beim Einziehen der Luft, ohne dass dadurch in der Tonstufe ein erheblicher Unterschied bewirkt wird.

Um dem Leser über die Höhe, Stärke und den Umfang der auf diesem Wege erhaltenen Töne einen ungefähren Begriff beizubringen, füge ich einige der von mir angestellten Versuche bei.

1) Der oben erwähnte Eichelkelch, am Rande $5\frac{2}{3}'''$, in der Mitte etwa $7'''$, im Breitendurchmesser $6'''$ tief, sprach, wenn er offen an die Mundlippen gedrückt wurde, und letztere das Mundloch bildeten, schwerer an, als wenn die Korkplatte eingesetzt und das Instrument von hinten intonirt wurde. Bei dieser Anspruchsweise waren mindestens 3 Töne möglich, g^3, a^3 und c^4, jenachdem die Lippen weniger oder mehr geöffnet oder der Anspruch schwächer oder stärker genommen wurde.

2) Ein der Länge nach halbirtes Ellipsoid, im Durchmesser 7 und $9'''$ breit, die Schallritze etwa $4'''$ lang und in der Mitte $1'''$ breit, gab bei schwachem Blasen (mit den Lippen) den Ton f^3. Wurde der Spalt auf $5-6'''$ verlängert und auf $1\frac{1}{2}'''$ verbreitert, so tönte das Instrument g^3, und zwar noch deutlicher und voller. Bis auf $7'''$ verlängert, ohne neue Erweiterung, ward der Ton noch besser, gis^3 bei schwachem Blasen, durch stärkern Anspruch bis c^4, das ziemlich scharf und schneidend war, erhöhbar. Und so liess sich durch weiteres Vergrössern der Schallritze der Ton bis d^4 erhöhen. Uebrigens ist es bei einer Schallritze völlig gleichgültig, ob sie zur Mundspalte parallel, schief oder senkrecht gestellt wird. Eine Polarisation oder etwas dem Aehnliches wird wenigstens dadurch nicht im Geringsten erzeugt.

3) Ein Stockknopf, $5'''$ weit, und ebenso tief, die Wandung an der Stelle des im Grunde angebrachten Mundloches $2'''$ dick, wurde mit einer dünnen Holzplatte geschlossen, in welche das Schallloch, das etwas grösser war, als das Mundloch, geschnitten war, so dass beide Löcher mit ihren innern Kanten etwa $4'''$ von einander abstanden. Das Instrument gab zwei Töne, bei schwächerem Blasen b^3, bei stärkerm c^4 Wurde die Schalllochplatte tiefer in den Kesselraum eingeschoben, dass beide Löcher bis auf etwa $3'''$ einander genähert waren, so erhöhte sich der Ton um eine Stufe. Später vertauschte ich den Holzdeckel mit einem aus getrockneter Rosskastanie (die sich in diesem Zustande sehr gut bearbeiten lässt und gewiss noch zu mancherlei Arbeit zu gebrauchen wäre), dessen rundes Loch etwa $\frac{1}{3}$ des Durchmessers der ganzen Pfeiföffnung weit war, und dessen Dicke etwa $\frac{3}{4}'''$ betrug. Wurde dieses Loch, zunächst das vordere Segment desselben, aus einer gewissen Entfernung mit dem Tubulus leise angeblasen, so entstanden die (offenbar von dem Kesselraum schon modificirten) Windrohrtöne d^2 fis^2 a^2 und h^2: von diesen liess sich durch stärkeres Blasen das a^2 in den vollen Kesselpfeifton übertreiben. Am andern, gegenüberliegenden Loche waren ziemlich dieselben Phänomene zu erhalten, und zwar, wie ich ausdrücklich erinnere, bei offenbleibendem Gegenloche. Wurde das Instrument in den Mund genommen und das Deckelloch mit cylindrischer (vielleicht einen engeren Durchmesser, als das Loch habender) Mundöffnung angeblasen, so gab es einen guten Ton f^2; bei freiem Mundanspruch erschien der schwächere, leerere Ton a^2; bei stärkerem Blasen c^3, das besonders deutlich wurde, wenn dieser Kastaniendeckel ein Stück tiefer eingeschoben wurde; und bei grösster Tonstärke war wenigstens der Anlaut an f^3 zu vernehmen.*) Offenbar sind dies auch Windrohrtöne, aber durch die Konsonanz des Windkessels und des schon einigermaassen cylindrischen Bodenloches modificirt. Umgekehrt vom Bodenloche aus angeblasen erschien nur bei starkem Anspruch mittels des Mundes der Pfeifton c^3. Bei Tubularanspruch als lauter Ton b^2, bei schwächerer Luftgebung auch b^1 und f^1 als Windrohrtöne, wie oben. Noch mehr Tonvariationen ergaben sich, wenn das eine oder andere Loch zugehalten wurde. Von diesen können wir jedoch unserer Ordnung gemäss erst im folgenden Abschnitt (S. 312.) sprechen.

4) Pfeife mit kreisförmiger $\frac{1}{2}''$ breiter Oeffnung, in einer Tiefe von gleichfalls $\frac{1}{2}''$ gewölbt konisch zugehend, und in der Spitze dieses Hohlkegels mit der Schallritze von $3\frac{1}{2}'''$ Länge und $\frac{3}{5}'''$ Breite versehen. Das Instrument mit den Mundlippen angeblasen gab erst dann einen vollen lauten Ton h^3, wenn die Schallritze etwas erweitert wurde.

---

*) Bei Wiederholung dieses Versuchs erschien die Skala: g h d, also einen Ton höher.

Ueberhaupt waren in den Fällen, wo kein reelles Mundloch vorhanden war, sondern dies durch die Mundlippenöffnung vertreten wurde, gute Pfeiftöne nur bei zur Grösse des Kesselraums ziemlich grosser und weiter Schallritze möglich, was auch leicht erklärlich ist, da letztere grösser sein muss, als erstere, und da der Mund nicht bis zu einer so kleinen anspruchsfähigen Oeffnung verengt werden kann, als an festem Material möglich ist.

Man kann den Windkessel auch durch einen kurzen Cylinder, am besten (weil man die Abstände des Deckels und Bodens hier am bequemsten übersehen kann) durch Glascylinder herstellen. Hier bietet sich uns die neue, bisher noch nicht dagewesene Erscheinung dar, dass man zur Erreichung eines Tons auch mit einem einzigen Deckel oder Obturator, der in seiner Mitte mit einem Loch versehen ist, auskommt.

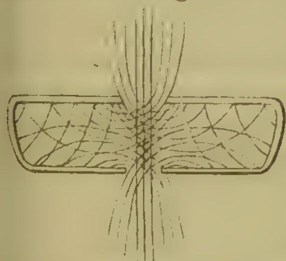
5) Nimmt man z. B. einen Cylinder von $1\frac{1}{2}''$ Länge und $5-6'''$ Weite, schliesst die eine Mündung desselben durch eine Korkplatte, die mit einem $1\frac{1}{2}-2'''$ im Durchmesser betragenden Loch versehen ist, und bläst die andere, offene Mündung mit dem vollen Munde nicht zu stark an, so erhält man einen, wenn auch in der Regel schwachen, aber doch vernehmlichen Pfeifton. Ebenso, wenn man die obturirte Mündung in den Mund nimmt, nur dass man hier den Anspruch stärker geben muss. Beiderlei Töne gelingen auch beim Einziehen der Luft, ohne sonderliche Aenderung der Schwingungszahl, die beim Ausblasen nur ein weniger höher ist, als beim Einblasen (cis^3 und c^3). — Ein kleines chemisches Probirglas, $15''$ lang und $5'''$ weit, in seinem Boden mit einer (zufällig beim Erhitzen eingesprungenen) runden, etwa $3'''$ breiten Oeffnung versehen, gab, wenn das offene Ende desselben mit dem vollen Munde schwach angeblasen wurde, gleichfalls einen zarten Ton, der auch beim Einziehen der Luft gelang. — Nun wurde die freie Oeffnung mit einer Korkplatte geschlossen, die ein Loch, etwas kleiner, als das im Boden, hatte, und der Apparat mit diesem Deckelende in den vollen Mund genommen und angeblasen. Es gelang hier kein Ton: wohl aber erschienen mehrere Töne (as^2, c^3, es^3), wenn der Luftanspruch (mittels des Tubulus oder des Mundes) aus einer geringen Distanz auf das Deckelloch einwirkte. Hierauf wurde der messingene Tubulus, der die Oeffnung im Kork gerade ausfüllte, eingeschoben und durch denselben geblasen. Aber erst nachdem dessen Mündung bis auf etwa $4'''$ der Bodenöffnung durch Vorschieben genähert worden war, entstanden vernehmliche Töne, und zwar a^2 und d^3, von welchen letzterer der stärkere war. Bei sehr starkem Blasen erschien noch ein ziemlich eine Oktave höherer Ton. Desgleichen gelang ein sehr guter Ton, nachdem die Korkplatte bis auf etwa $3'''$ Abstand von der Bodenöffnung vorgeschoben worden war, und das Instrument mit vollem Mundanspruch intonirt wurde: es war g^3. Dieser Ton gelang auch beim Einziehen der Luft.

In ersterer Hinsicht, wo nur ein Obturator vorhanden ist, bilden diese cylindrischen Hohlpfeifen den Uebergang zu den gefassten Lochtonapparaten, von denen wir unter d) sprechen werden; in letzterer Hinsicht, wenn beide Oeffnungen mit durchlöcherten Platten geschlossen sind, weichen sie von den bisher betrachteten Apparaten nicht ab.

Von besonderem Interesse für uns sind noch die Versuche, bei welchem die Schallritze aus elastischem Material zubereitet ist.

6) Ein kegelförmig ausgehöhltes Korkstück wurde mit 2 elastischen etwa $2'''$ breiten Kautschukbändern überspannt, so dass die offene Basis dieses Hohlkegels geschlossen war. Die beiden Bänder, welche jetzt neben einander lagen, mit ihren innern Rändern einander berührten, und so beim Anspruch mittels eines Windrohrs den Zungenton a^2 gaben, wurden hierauf seitlich von einander abgezogen, durch Nadeln in dieser Lage fixirt, so dass eine lanzettförmige Schallritze entstand, bei welcher kein Zungenton mehr möglich war. Wurde jetzt das Windrohr entfernt und das Korkstück mittels des Mundes wie eine Kesselpfeife angeblasen, so entstand der Pfeifton h^3, welcher sich auf as^3, also um eine kleine Tertie, erniedrigte, wenn die Spitzen der Stimmritze durch die Schenkel einer aufgelegten Stimmgabel gedeckt wurden. Beim Zungentonanspruch würde diese Operation eine Tonerhöhung bewirkt haben, s. darüber die folgende Abtheilnng.

Nach Savart*) entsteht der Ton in diesen Pfeifen dadurch, dass der Luftstrom, der durch die beiden Oeffnungen durchgeht, indem er die kleine Masse der in der Höhle der Pfeife enthaltenen Luft mit sich fortreisst, ihre Elasticität vermindert und sie unfähig macht, dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zu halten, die, indem sie gegen jene zurückwirkt, sie zurückdrängt und zusammendrückt, bis wieder eine neue Verdünnung erfolgt. Die Direktion der Ränder der Oeffnung soll den Ton ändern: sind sie noch einwärts schief gegen das Innere der Höhlung gerichtet, so seien die Töne im Allgemeinen tiefer (ich habe vielmehr das Gegentheil gefunden); ebenso sollen die Töne tiefer ausfallen, wenn die Oeffnungen (?) weiter sind. Eine Theorie der Schwingungen für dieses Instrument, fährt Müller, der diese Angaben Savart's anführt, fort, ist noch nicht vorhanden; es ist nicht einmal ausgemacht, ob die Luft wirklich das primitiv Schwingende ist und ob das Instrument nicht vielmehr in die Kategorie der Zungen gehört u. s. w. Als Versuch einer Theorie mag Folgendes gelten. Wenn in einen kleinen mit zwei einander gegenüberstehenden Oeffnungen versehenen Hohlraum ein Luftstrom geht, der aus einem weiteren Raume kommt, so muss allerdings, wie Savart richtig bemerkt, die bisher ruhende Luft dieses Raums bewegt und verdünnt werden. Um diese Gleichgewichtsstörung auszugleichen, werden fortwährend Theilchen des durchgehenden Luftstroms seitlich in den Hohlraum durch Beugung abgelenkt werden, somit auf die Wände der Pfeife, am meisten auf die untere, auftreffen, daselbst reflektirt und von den neu entgegenkommenden Luftstrahlen gebeugt werden, so dass sie nicht nur (wie bei den Kantentönen) mit den geradlinig durch- und ausfahrenden sich kreuzen oder interferiren, sondern dass auch in allen übrigen Stellen des Hohlraums dergleichen Durchkreuzungen der Luftstrahlen oder Luftwellen stattfinden, welche jedoch wegen ihrer Zerstreutheit an sich nicht tonerregend wirken können, sondern nur insofern zur Tonbildung beitragen und dabei dem von Haus aus schwachen Kantentone die Pfeiftonfärbung aufprägen, als sie schliesslich das an dem Rande des Schalllochs sich bildende Beugungswellensystem verstärken und bewirken, dass von der durch das Mundloch eingeblasenen Luftmasse für die Tonbildung möglichst wenig verloren geht. Je schneller und gewaltsamer die Luftstrahlen auf die Randtheile des Schalllochs auffallen, desto kürzer werden die Beugungswellen ausfallen, die Schwingungszahl des entstehenden Tons daher zunehmen; im Allgemeinen können jedoch diese Tonwellen nie länger ausfallen, als der Raum des Windkessels erlaubt, werden also immer sehr kurz sein und hohe Töne geben müssen. Dass der Raum zwischen Mund- und Schallloch so kurz sein muss, erklärt sich dadurch, dass die erstentstandenen divergirenden Beugungswellen gerade in der Gegend, wo das Schallloch anzubringen ist, nach ihrem Wandreflex in einem möglichst engen Raume zusammentreffen: wäre es weiter entfernt, so würde dieser Vereinigungsraum zu sehr dilatirt und die Tonbildung unvollkommen oder unmöglich werden. Die Figur 88. wird zur Erläuterung dieser Ansicht dienen können.


Fig. 88.

*) Journ. de Physiolog. par Magendie, V. 367. — J. Müller Handb. d. Physiolog. II. 141.

2. Kesselpfeifen mit 1 Oeffnung.

Hier wird die Luft zu derselben Oeffnung eingeblasen, durch welche sie wieder nach einigen Zurückwerfungen u. s. w. ausfahren muss. Während in den bisher betrachteten Apparaten der Anspruch senkrecht auf die volle Kantenöffnung auffiel, so muss hier derselbe zur vorhandenen Apertur entweder schräg stehen, also mit der einen Kantenfläche Fig. 89 *b* einen stumpfen, mit der andern *a* einen spitzen Winkel bilden, oder er muss bei senkrechter Stellung eine Kantenstelle vorzugsweise mit seiner Centralkraft treffen. Die Apertur selbst ist auf zweierlei Art möglich. Entweder ist in der Oberwand oder dem Deckel des zur Pfeife verwendeten Hohlkörpers ein rundes, ovales oder mehreckiges Loch, das mit einem Tubulus von etwa gleichem Lumen (doch kann letzteres auch kleiner sein) — weniger gut mit dem Munde — in schräger Richtung angeblasen wird, oder die Pfeife ist oben ganz offen, und wird durch die darauf gedrückte Unterlippe bis auf eine am vordern Rande liegende spaltförmige Oeffnung geschlossen, in welche mit dem Munde Luft geblasen wird. Bei der ersteren Klasse dieser einlochigen Pfeifen wird das Loch durch eine liegende oder stehende in sich zurücklaufende Kante gebildet, je nachdem die Dicke der Wand, in der das Loch gebohrt oder geschnitten ist, kleiner oder grösser ist; bei der andern wird es nur durch eine halb stehende, halb gewulstete Kante gebildet; bei ersterer ist der Anspruchsluftstrom mehr auf das vordere, dem Bläser zugekehrte, bei letzterer mehr auf das abgekehrte, frei gebliebene Segment des Loches zu richten. Die Dicke des Anspruchsluftstroms muss mit der Weite des Lochs im Verhältniss stehen. Die erstere Klasse giebt keine grossen Tonabstufungen, da bei einem sich gleichbleibenden Loche, wenn es gross genug ist und der Anspruch stark genug gegeben wird, auch nur ein guter Ton auf einer Pfeife möglich ist, doch lässt sich durch allmälige Verstärkung des Anspruchs und durch allmäliges Vorschieben des Tubulus gegen die Mitte der Apertur eine Erhöhung des Tons um 1 — 2 Stufen bewirken. Die andere Klasse dagegen erlaubt einen ziemlichen Tonumfang, da man mit der Unterlippe nach Belieben mehr oder weniger von der Apertur der Pfeife bedecken kann. Hinsichtlich der Tonbestimmung gelten hier so ziemlich dieselben Gesetze, wie bei den Pfeifen mit 2 Löchern. Erweiterung des Loches erhöht den Ton; sonst giebt ein geräumigeres Instrument einen tiefern Ton, als ein engeres. Uebrigens sind alle diese Töne weit leichter zu erhalten, als die der vorigen Reihe, wo sehr viel auf das gegenseitige Verhältniss, Abstand u. s. w. der beiden Löcher ankam. Diese Versuche sind so leicht und mit so geringem Material anzustellen, dass es sich kaum der Mühe verlohnt, hier dergleichen anzuführen. Daher nur einige zur Probe.

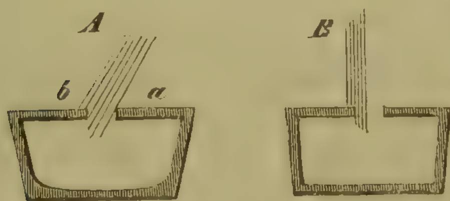


Fig. 89.

aa. Pfeifen mit Deckel und Loch.

1) Der bereits in voriger Versuchsreihe erwähnte Eichelkelch mit dem Loche in seinem Grunde wurde umgekehrt, seine grosse Apertur mit einer Fingerkuppe zugehalten und das Loch mit dem gleichfalls bekannten Tubulus angeblasen. Ein voller starker Pfeifton erfolgte sofort ohne alle Schwierigkeit: er lautete g^3. Verstärkung des Luftdrucks schwellte diesen Ton, ohne ihn merklich zu erhöhen Derselbe Ton erfolgte, wenn ich jenen Tubulus mit irgend einem andern, dickeren oder dünneren,

konvergirenden oder parallelwandigen Anspruchsrohr vertauschte. Das Anspruchsrohr hat also bei der Tonerzeugung nichts zu thun, als dass es den Wind leitet. Sobald man den Finger abzieht, und die Oeffnung mit dem Tubulus bei schwächerer Luftgebung anspricht, erscheinen die bekannten Windrohrtöne wieder, welche freilich ganz anders klingen.

2) Eine ausgehöhlte Wallnuss von mittlerer Grösse wurde mit einem Loch versehen, das $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$''' Durchmesser hatte. Wurde dies Loch mit dem Tubulus oder einem andern Leitungsmittel angeblasen, so ertönte laut und vernehmlich b^3, bei stärkerer Luftgebung auf h^3 wachsend. — Jetzt wurde das Loch erweitert, so dass es ziemlich 3''' breit wurde. Der Ton hatte sich dadurch auf d^4 erhöht.

3) Eine Wallnussschale von etwas grösseren Dimensionen (1'' lang, 10'' breit, $6\frac{1}{2}$''' tief) wurde in der Mitte ihrer Wölbung mit einem kleinen noch nicht 1''' weiten Loche versehen, auf die Handfläche gesetzt, angedrückt, so in eine Pfeife verwandelt und mit dem Tubulus intonirt. Der Ton war, wie zu erwarten, verhältnissmässig tief $=$ fis^2, natürlich auch nicht sehr voll und stark, aber rein und wohlklingend. Wurde der Anspruch etwas stärker, als zu dieser Tonbildung erforderlich war, gegeben, so liess sich ein hoher Windrohrton vernehmen, der höchste der Skala, der bei starkem Anspruch noch möglich war. Sprach ich die offene Schale in gleicher Weise an, so erschien die ganze Reihe der Windrohrtöne, wie oben. Durch allmäliges Erweitern des Lochs stieg der Ton nebst wachsender Stärke und Fülle auf a^2 ($1\frac{1}{2}$'''), cis^3 (2'''). Wurde das Loch noch weiter gemacht, bis auf 3''', so wurde dadurch trotzdem der Ton nicht weiter erhöht, er blieb auf cis^3, war aber voller geworden, und hatte, wie es schien, die grösste Fülle, deren das Instrument fähig war, erlangt. Bei dieser Oeffnung wurde auch ein weiteres Anspruchsrohr erforderlich, um den Ton in seiner grössten Fülle zu erhalten. Doch erhöhte sich der Ton bei noch einiger Erweiterung des Loches auf etwa 4''' Durchmesser weiter auf d^3. Aber noch stärkeres Erweitern der Oeffnung vernichtete die Tonbildung. Hieraus scheint hervorzugehen, dass der Durchmesser des Schalllochs bei dergleichen Pfeifen nicht mehr als $\frac{1}{3}$ des Längendurchmessers, und nicht erheblich mehr als $\frac{1}{2}$ des Tiefendurchmessers der Pfeife betragen darf. — Bei einer kleinen Schachtel (15''' weit und 5''' tief) gab ein 3''' breites Loch noch einen starken, guten Pfeifton.

4) Eine kleinere Wallnussschale wurde in ihrer Mitte in der Breitenrichtung mit 2 einander ziemlich gleichen kleinen Löchern, etwa $\frac{2}{3}$''', durchbohrt, so dass eine Brücke von $\frac{1}{4}$''' dazwischen blieb. Dies Instrument als Pfeife zugerichtet gab einen recht hübschen, lauten, schwellbaren Ton d^3, wenn der Tubulus gerade senkrecht über die Brücke gehalten wurde, so dass beide innere Ränder der Löcher auf einmal getroffen wurden. Wurde die Brücke weggenommen, so das beide Löcher eine ovale Spalte bildeten, so musste der Anspruch wieder etwas schräg auf das vordere Segment auffallen, und es erhöhte sich der Ton um 1 grosse Tertie. Wo die Dicke der Wände etwas austrug und das gebohrte Loch klein war, mit noch nicht vollem Tone, da wurde der Ton höher und etwas voller, wenn das Loch nach aussen trichterförmig erweitert und so die Ränder des Lochs zugeschärft wurden.

5) Der Messingpfeifenkopf (s. No. 11) mit einem Korkdeckel von mehr als 1''' Dicke geschlossen, in welchen ein ovales Loch von $1\frac{1}{3}$ bis 2'' Durchmesser geschnitten war, gab Anfangs den matten Ton c^2, nach Verdünnung der Kanten einen bessern, vollern, $1\frac{1}{2}$ bis 2 volle Stufen höhern Ton. Umgekehrt wurde der Ton schwächer, tiefer und kleiner, wenn das Loch sich von aussen nach innen erweiterte, wenn also der Korkdeckel umgekehrt eingesetzt wurde.

6) Bei solchen Pfeifen, deren Tiefe grösser ist, als ihre Breite, muss das Anspruchsrohr in einer der senkrechten sich mehr nähernden Richtung aufgesetzt werden, wenn ein guter Pfeifton entstehen soll. Desgleichen muss das Rohr fast senkrecht aufgesetzt werden (auch wenn die Pfeife ziemlich flach ist), wenn das Loch bei dicker Decke einen von aussen nach innen sich verengenden Trichter bildet, dergestalt, dass das Rohr zum Einfallsloch einen spitzeren Winkel bildet, als die Trichterfläche. Steht aber das Rohr in derselben Richtung, wie letztere, so gelingt gar kein Ton.

7) Bei Löchern in dicken Pfeifenwänden, die ziemlich gleichkalibrirt sind, und einen kurzen Kanal darstellen, dessen Länge etwa das Doppelte der Weite beträgt, lässt sich der Ton nicht nur durch allmäliges Vorschieben des Anspruchsrohrs gegen die Mitte des Lochs, sondern auch durch allmäliges Senken des Rohrs erhöhen, ebenso wie bei den offenen Pfeifen (No. 10. 11). An dem schon oben benutzten Stockknopf, dessen Loch den Ausgang eines fast 3‴ langen Kanals von ziemlich gleichbleibendem Kaliber und etwa 1½″ Weite bildete, war durch die erwähnten Mittel ein Tonfortschritt von $d^2 - f^2$ möglich bei entsprechender Zunahme an Stärke. Bei einer gewissen Haltung des Rohrs ertönten sogar zwei Töne, $cis^3 - dis^3$, auf einmal; dieselbe Tonstufe (dis^3) war ferner mit drei verschiedenen Tonstärken und Timbres zu erhalten.

8) Die Kesselöffnung jenes Knopfes wurde mit einem Deckel aus getrockneter Rosskastanie, der etwa 1‴ dick war, geschlossen, in denselben ein kleines, gleichkalibrirtes Loch von etwa ⅔‴ gebohrt, das Loch des Grundes verstopft, und das Instrument mit einem dünneren Tubulus angeblasen. Der Tubulus musste hier ziemlich weit von der Vorderkante abgezogen werden, damit der Ton h^2 gelang. Ueberhaupt war das Loch für den Kesselraum, obgleich dieser klein genug war, immer noch zu eng. Wurde das Loch in Trichterform gebracht (Divergenz nach aussen) so war bei richtiger Haltung des Tubulus und bei Verstärkung des Anspruchs eine Tonfolge von $c^3 - f^3$ möglich. Wurde der mit diesem trichterförmigen Loche versehene Deckel umgekehrt eingesetzt, so ergaben sich die schwächern, aber wohlklingenden Töne $d^3 - dis^3$. Erweiterung des Lochs ums Doppelte erhöhte den Ton ziemlich um 1 Oktave.

9) Der Stockknopf mit dem unter No. 3. der zweilochigen Pfeifen erwähnten Kastaniendeckel gab, wenn das in letzterem befindliche Loch zugehalten und das Bodenloch mit dem ziemlich senkrecht gehaltenen Tubulus angeblasen wurde, bald den Ton g^2, bald f^2, beide mit schwachem, nicht konsonantischem Timbre, und gleichsam einen Bastard aus Windrohr- und Kesselton darstellend. Bei stärkerem Anspruch tönte auch f^2, aber mit ganz andrem Timbre, das deutlich die Konsonanz des Windkessels und überhaupt das Wesen der vollen Pfeiftöne an sich trug. Wurde das Rohr schräger gehalten und die Luftgebung verstärkt, so lautete der Ton g^2. Dieselben Tonphänomene wiederholten sich an dem Deckelloch, nur etwas nach der gerade vorhandenen Weite desselben sich modificirend. In dieser Hinsicht schliessen sich die einlochigen Pfeifen bereits den kurzen Mundpfeifen an, von welchen im nächsten Kapitel die Rede sein wird.

Bei spaltförmiger Oeffnung musste der Anspruch mittels eines weiteren Tubulus und in mehr zur Deckelfläche senkrechter Richtung gegeben werden.

Sonst kann die Räumlichkeit solcher Pfeifen sehr verschiedenartig sein, kugelrund, elliptisch (wobei das Loch in der Richtung der kleinen oder grossen Axe liegen kann), abgestumpft konisch, kurzcylindrisch u. s. w. Ueberschreitet jedoch die Tiefe des Instruments die der Breite mehr als zweimal, so bildet sich bei stärkerem Blasen schon ein Aliquotton, und das Instrument avancirt in die nächste Klasse.

Wie schon erwähnt, kommt auf das Verhältniss der Weite des Lochs zum Rauminhalt der Pfeife viel an. Eine Pfeife, die bei einem Loche von 1‴ Durchmesser noch einen guten Pfeifton giebt, giebt einen sehr dünnen, tiefern, wenn das Loch nur ½‴ breit ist. Längliche, kegelförmig dem Grunde zulaufende Pfeifen geben, wenn das Loch zu klein ist, gar keine Pfeiftöne im Sinne dieser Tongattung mehr, sondern tönen mit Schwingungsknoten. Ein Hornmundstück, mit einer durchbohrten Korkscheibe gedeckt, und das enge Ende ebenfalls verkorkt, gab bei schwachem Anspruch mittels des ziemlich senkrecht gehaltenen Rohrs c^2, bei schärferem Anspruch f^2, das nicht anders, als durch Knotenbildung entstanden sein konnte.

bb. Offene Pfeifen, durch Mundanspruch zu intoniren.

Auch dies sind kleine Hohlkörper von gleichem Rauminhalt, wie die vorigen, von welchen sie sich bloss durch den Mangel der Deckung unterscheiden. Mehrere der vorigen Apparate lassen sich ganz wohl zu diesen Versuchen verwenden, sobald man den mit dem Loch versehenen Deckel entfernt, oder (wenn sie kesselförmig sind und das Loch im Grunde ihrer Wölbung hatten) wenn man das Loch zuhält und die Apertur des Kessels mit den Lippen intonirt.

10) Wenn der im Versuch 5. gebrauchte kurze Metallcylinder, der ohne Deckung eine Tiefe (Länge) von 5''' hatte, nach Schliessung der einen Apertur mittels des Daumens an die Unterlippe gedrückt, durch dieselbe bis auf eine enge Spalte an der Peripherie geschlossen und in dieser Lage durch einen schwachen, aus dem Munde exspirirten Luftstrom angesprochen wurde, so entstand ein schwacher, wenig intensiver, ziemlich tiefer Ton. Der tiefste Ton, den ich hier erhalten konnte, war a^1. Durch allmäliges Abziehen des Instruments von der Unterlippe und dadurch bewirktes Erweitern der Schallspalte und Verstärken des Luftanspruchs gelang eine fortlaufende Tonreihe bis c^4 mit allen Zwischentönen, also ein Umfang von mehr als 2 Oktaven, was für ein so kleines Instrument immer viel genannt werden kann. Freilich verdienten erst die Töne der 2. Oktave den Namen Pfeiftöne, die der 1. waren noch sehr schwach und klangarm, während die höchsten einen gellenden, schneidenden Klang an sich trugen. Mit Röhrenanspruch gelingt, auch wenn man die Schallspalte, wie sie von der Lippe und dem Segment der Pfeifwand gebildet wird, noch so gut nachzuahmen versucht, kein, wenigstens kein guter, Pfeifton, der übrigens caeteris paribus weit höher ist, als der Lippenton, und zwar einestheils deshalb, weil man den sich über die Oeffnung der Pfeife luftdicht anlegenden Lippenwulst, dessen Wölbung und Spannung bei diesen Tonvorgängen wesentlich zu sein scheint, auf keine Weise nachahmen kann, ferner weil die gewöhnlichen Anspruchsröhren eine runde Ausflussmündung haben, während die Mundöffnung spaltförmig ist, und so der Schallspalte des Instruments besser sich akkommodirt. Der Grund, weshalb die künstlich erzeugten Töne caeteris paribus höher ausfielen, ist darin zu suchen, dass die von der Lippe gebildete Kante der Schallspalte nachgiebig ist, welcher Umstand hier ebenso tonvertiefend wirkt, als an Zungen oder an den Wandungen langer Pfeifen, wie wir später sehen werden.

11) Ein (sonst zu einem Pfeifenkopf bestimmter) Hohlkörper aus Messing, 8''' weit, $1\frac{1}{2}$'' tief, sich mit leichter Wölbung kegelförmig verspitzend, gab bei Lippenintonation einen Tonumfang von c^2 bis c^4, doch waren sowohl die tiefsten als auch die beiden höchsten Töne nur mit Schwierigkeit zu erhalten. Beim tiefsten Tone war, wie beim vorigen Versuche, die ganze Apertur bis auf einen sehr engen Spalt am Rande des Instruments bedeckt, beim c^3 war etwa $\frac{1}{4}$ der Apertur offen, beim höchsten die ganze Apertur frei, nur am vordern Viertel von der Unterlippe etwas überwölbt, aber nicht bedeckt. Demnach muss für die höheren Tonfortschreitungen die Apertur des Instruments verhältnissmässig mehr erweitert werden, als für die Aufsteigungen der tiefen Töne. — Bei einem Versuche, den Lippenanspruch künstlich nachzuahmen, indem eine Korkplatte in die Apertur gesetzt, und aus dessen Peripherie ein lanzettförmiges Segment geschnitten wurde, so dass hier eine Stimmritze von etwa 3''' Länge und (oben) $1\frac{1}{3}$''' Breite entstand, wurde gelegentlich der Einfluss der Ausschärfung oder Richtungsänderung der Stimmritzenwände beobachtet. Der Schnitt war nämlich an jenem Korkdeckel, der etwa 1''' dick war, schräg geführt, so dass das Segment von der einen Fläche mehr wegnahm, als von der andern. War nun dieser Deckel so eingesetzt worden, dass die Verengung der Stimmritze von aussen nach innen ging (beiläufig analog dem Verhalten der Unterlippe) so tönte leicht und gut bei Tubularanspruch (noch besser mit Mundanspruch) der Ton g^2 — a^2. Wurde dagegen die Korkplatte herumgedreht, so dass die Verengung

der Stimmritze von innen nach aussen ging, und dieselbe nur 1''' breit war, so war nur bei schwachem Anspruch mittels des Tubulus (mit dem Munde ging es gar nicht) ein sehr matter, leicht vergänglicher Ton zu erhalten, der 1 — 1½ Stufe höher lag. — Man kann nun die Apertur der Pfeife in jeder beliebigen Weise decken und dann mit dem Munde die Intonation versuchen. So lange der aus dem Munde kommende Luftstrom in seiner Richtung dadurch nicht wesentlich aufgehalten oder gestört wird, thut dies der Tonbildung keinen Eintrag, nur sind die höchsten Töne dabei nicht zu erhalten. Nimmt man Kork dazu, so wird auch die Intensität des Tons etwas getrübt (der Ton gedämpft). — Die Oeffnung der Lippen steht zu der Weite und Grösse der Schallritze nicht in geradem Verhältniss. Für die tiefsten Töne ist jene meist etwas grösser, als diese, für die höhern und hohen Töne ist sie dagegen im Verhältniss kleiner, für die höchsten erweitert sie sich (oder vielmehr die durchstreichende Luft erweitert sie) zuweilen wieder, wofern dieselben nur durch eine grosse Druckgewalt zu erreichen sind. Bei gleichbleibender Intensität des Tons steht also die Weite der Mundöffnung mit der Schwingungszahl in umgekehrtem Verhältniss. — Von einer Schwingungsknotenbildung war bei dem angewandten Instrumente Nichts zu beobachten, die Töne waren sukzessiv ohne Sprünge sämmtlich erzeugbar.

Die nächste Ursache der Tonbildung bei den Kesselpfeifen mit einer Oeffnung ist keine andere, als bei den Pfeifen mit 2 Oeffnungen, d. h. eine durch abwechselnde Verdichtung und Verdünnung sich kreuzender Luftstrahlen bewirkte Tonwellenbildung. Dieser Vorgang ist nun an den einlochigen Pfeifen noch viel handgreiflicher nachzuweisen, als dei den zweilochigen. Da die Luftwellen zu derselben Oeffnung ausfahren müssen, zu welcher sie einfuhren, so ist es klar, dass der gedachte Tonbildungsvorgang im oder am Lumen der Pfeiföffnung stattfinden muss. Ebenso leicht ist auch einzusehen, warum der ansprechende Luftstrom in der Regel schief auf die Kanten der Oeffnung auffallen musste, und nicht senkrecht, weil sonst keine Durchkreuzung der Luftstrahlen möglich gewesen wäre. Es lässt sich ferner mit Augen beobachten, dass der Luftstrom in der dem einfahrenden entgegengesetzten Richtung ausfährt. Wir wissen und sehen ferner, dass der einfahrende Luftstrom am vordern Segment des Loches seinen Eingang nimmt, der ausfahrende am hintern oder abstehenden: am deutlichsten ist dieser Vorgang bei trichterförmig nach innen sich verengender Apertur zu beobachten. Für die gewöhnliche, die Specialissima umgehende Anschauungsweise können wir also uns mit der Annahme begnügen, dass in den einlochigen Pfeifen eine Beugung und Zurückwerfung der Luftstrahlen stattfindet, die allerdings an jeder der verschiedenen Stellen und Theilen des Pfeifenraums eigenthümlich ist, deren Endresultat aber doch ein Austritt der wiederum gesammelten und neu verdichteten Luftstrahlen unter demselben Winkel ist, unter welchem sie in den Hohlkörper einfielen. Bei diesem Vorgange müssen natürlich die austretenden Strahlen die eintretenden schneiden. es findet dabei ein Wechsel von Verdichtung und Verdünnung der Luft an einer und derselben Stelle statt, wie er zur Erzeugung von Tonwellen fast nicht geeigneter sein kann. Was die einzelnen Eigenschaften dieser Töne anlangt, so bemerke ich hierüber Folgendes:

1) Die Grösse und Fülle des Tons hängt von der Quantität der eingeblasenen Luft ab: der Ton wird daher caeteris paribus bei einem kleinen Loch kleiner und leerer sein, als bei einem grossen.

2) Die Intensität des Tons wird bedingt durch den Grad der Verdichtung, welchen die Luft im Kesselraume der Pfeife erleidet, sowie davon, wie viel von der einfahrenden Luft durch die Interferenzen, welche sie durch die ausfahrende erleidet, in tönende Verdichtungswellen versetzt wird. Der höchste Intensitätsgrad eines Pfeiftons wird erreicht, wenn alle bewegte Lufttheilchen zu Tonwellen verarbeitet werden, also gar keine Luft unbenutzt bleibt. Ausserdem geben für eine und dieselbe Pfeife kürzere und und schneller einander sukzedirende Wellen einen intensivern Ton, als längere mit geringerer Schwingungszahl: die höhern Töne einer Pfeife sind daher auch intensiver, als die tiefern.

3) Die relative Tonhöhe einer Pfeife ist dem Quotient aus dem Durchmesser des Lochs und dem Rauminhalt der Pfeife umgekehrt proportional. Eben so steigt die Tonhöhe mit dem Sinus des Winkels, unter welchem sich die einfahrenden Luftstrahlen mit den ausfahrenden schneiden. Daher geben caeteris paribus Pfeifen einen tiefern Ton, wenn ihr Loch eine gewisse cylindrische Länge hat, als wenn dasselbe in einer sehr dünnen Decke angebracht ist. In der Pfeife Fig 90 *A* ist der Winkel, unter dem sich die ein- und ausfahrenden Strahlen schneiden (op) kleiner, der Ton also tiefer, als in der Pfeife *B*, wo dieser Winkel beträchtlich grösser ist. Weil ferner der Durchschnitt zweier Luftströme von gleicher Stärke an ihrer Kreuzungsstelle grösser ist, wenn der Kreuzungswinkel o gross, als wenn er klein ist, da die Durchschittslinie ab in Fig *D* länger ist, als die in *C*, so leuchtet ein, dass eine Pfeife mit weitem Loch caeteris paribus einen höhern Ton geben muss, als eine mit engem. Ebenso müssen Pfeifen, deren Loch im Durchschnitt so gestaltet ist, wie Fig. *E* und *F*, caet. par. einen höhern Ton geben, als die Pfeife *A*. Aus meinen Untersuchungen scheint übrigens hervorzugehen, dass ein Pfeifton seine grösste Höhe und Stärke besitzt, wenn unter einem rechten Kreuzungswinkel (von 90°) sämmtliches Luftmaterial zu tonfähigen Verdichtungswellen verarbeitet wird, was etwa dann erreicht wird, wenn der Durchmesser der Pfeiföffnung den dritten Theil der Weite und den zweiten Theil der Tiefe der Pfeife beträgt. Die absolute Tonhöhe der Kesselpfeifen hängt unter diesen Umständen von dem Rauminhalte des Pfeifkörpers oder des Windkessels ab und steht zu dessen Quadratwurzel, wie bekannt, in umgekehrtem Verhältniss. Kleinere Tonstufenabänderungen schienen in den erwähnten Versuchen von Ungleichheiten der Lochränder und ihrer Kanalisation, so wie von dem verschiedenen Anspruchsquantum herzurühren. Es kam besonders etwas darauf an, ob der Luftstrom des Anspruchsrohrs vollständig oder nur zum Theil auf die Lochkante auffiel.

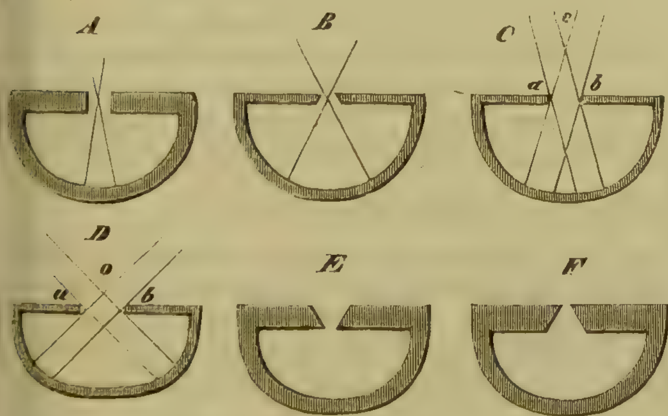


Fig. 90.

4) Die Stärke und das Timbre der Pfeiftöne hängt ausser den bereits erwähnten Momenten wohl hauptsächlich von der Art und Weise ab, wie die Tonwellen im Kesselraume der Pfeife modificirt werden. Die genauere Analyse dieser Vorgänge übersteigt meine Kräfte: ich vermag darüber höchstens einige Vermuthungen aufzustellen. Sowie in einer gedeckten Ansatzrohrpfeife die Schallwelle nicht in einer fortlaufenden, sondern in einer gebrochenen, auf ihren Anfang zurückkehrenden Linie liegt, so lässt sich annehmen, dass in einer Kesselpfeife die Tonwellen eine noch komplicirtere Form und Lage sowohl für sich als gegeneinander annehmen werden, sobald die Oeffnung der Pfeife bedeutend verengt wird. Wenn nun schon in Ansatzrohrpfeifen die Deckung die Klangfarbe trübt, so muss dies bei den Kesselpfeifen noch weit mehr stattfinden, da hier die Brechungsverhältnisse durch die verschiedenen Deckungsgrade noch sehr vervielfältigt werden.

c. Ansatzrohrtöne.

In den bisher betrachteten Tonwerkzeugen fand keine Konsonanz des primären, im Allgemeinen überall auf demselbem Wege gebildeten Lufttons in einem hinter der Bildungsstelle desselben gelegenen, mit ihr unmittelbar verbundenen Hohlkörper statt, welche fähig gewesen wäre, dem gebildeten Tone irgend wesentliche Eigenschaften zu ertheilen, und namentlich durch seine Längendimensionen und Theilungsfähigkeiten der in ihm enthaltenen Luftsäule auf die Länge der zu bildenden Tonwellen einen abstufenden Einfluss auszuüben. Jetzt wollen wir uns mit den Tönen beschäftigen, bei welchen diese letzteren Bedingungen stattfinden, die also auf Apparaten erzeugt werden, wo die brechende und beugende Kante unmittelbar mit einem Hohlkörper zusammenhängt, dessen Luftsäule der Länge nach gleichförmig so weit ausgedehnt ist, dass sie durch Aenderungen des Anspruchs in gleiche Theile zerlegt werden kann. Wir treten jetzt aus dem Gebiete der auf kleine enge Räume komprimirten Primärtöne heraus, um zu Instrumenten überzugehen, denen keine solchen Schranken angelegt sind, wo die Tonwellen sich sowohl bis zur grössten Länge, deren sie überhaupt fähig sind, ausdehnen können, als auch durch Koncentrirung des Primäranspruchs und der Räumlichkeiten der konsonirenden Luftsäulen auf die äusserste Kürze reducirt zu werden fähig sind. Nach dem bisher beobachteten Gange unserer Untersuchungen wollen wir die hierher gehörigen Tonapparate in Cylinderpfeifen mit stehender, und solche mit liegender Anspruchskante unterscheiden*).

1. Cylinderpfeifen mit stehender Anspruchskante.

Hierher gehört die Panpfeife, so wie überhaupt alle längeren cylindrischen Apparate, die an der einen Oeffnung, welche offenbar eine stehende, in sich zurücklaufende Kante darstellt, durch einen mehr oder weniger schräg auf dieselbe auffallenden Luftstrom intonirt werden. Gehen wir hier, um keine Sprünge zu machen, zuerst von unsern Windrohrtönen aus. Wir

*) Sollte übrigens hier Jemand mir vorwerfen, dass die Untersuchung dieser Töne für anthropophonische Zwecke keinen Nutzen haben könne, dem erwidere ich, dass erstlich in einem noch so wenig bebauten Gebiete der Wissenschaft auch die Erforschung scheinbar abgelegener Theile desselben von Nutzen für das Ganze sein muss, zweitens, dass alle diese Instrumente in der Regel mit den Lippen des Menschen intonirt werden, und schon dadurch diese Untersuchungen in das Gebiet der Anthropophonik gehören.

sahen, dass diese Töne, wenn sie dadurch erhalten wurden, dass der Tubulus senkrecht über eine kurze cylindrisch verlängerte stehende Kante gehalten angesprochen wurde, sich nicht von den unterschieden, welche durch gleichartigen Anspruch einer liegenden, z. B. durch ein in ein Stück Blech oder Kartenpapier geschnittenes Loch gebildeten Kante erhalten wurden. Nehmen wir nun statt jener kurzwandigen stehenden Kreiskante eine in einen längeren Cylinder ausgezogene, sprechen wir mit dem Tubulus z. B. einen in gleicher Richtung mit ihm gehaltenen offenen Federkiel, dessen engeres Ende der Ausströmungsöffnung des Tubulus zugekehrt ist, an, so ändert sich die Sache. Derselbe Tubulus, der früher (s. unter a.) über der liegenden oder stehenden (kurzcylindrischen) Kreiskante die Tonfolge c^3, g^3, c^4, e^4 .. gab, lässt jetzt, wenn er in ähnlicher Weise einen Federkiel von etwas über 3″ Länge und ziemlich demselben Kaliber, wie das Anspruchsrohr selbst, anbläst, folgende Töne hören: a^2 (h^2) (fis^3) a^3 (h^3) (dis^4) e^4 und einige andere schwerer zu bestimmende Töne, von welchen a^3 der beste, lauteste, die eingeklammerten dagegen Windrohrtöne waren (s. oben). Das andere Ende des Kiels mit einem weitern Anspruchsrohr (Hornmundstück) intonirt gab folgende Töne: a^2 a^3 e^4.., also auch die A dur-Tonart. Die Mitteltöne waren auch hier die besten. Nun wurde dieser Kiel, immer noch offen oder ungedeckt, mit dem Munde angeblasen, um eine Vergleichung anzustellen. Am engen Ende ertönten: a^2 a^3 e^4 a^4 cis^5 in normaler Folge; am weiten a^2 a^3 e^4 a^4, wie vorhin. Ich bemerke hier schon vorläufig, dass sich die Töne durch Modifikationen des Anspruchs sehr leicht um $1/2$ Ton verschieben, besonders beim Gebrauch des Tubulus; ferner, dass diese Untersuchungen dadurch (wenigstens von Anfang herein) sehr erschwert werden, dass sich die Windrohrtöne mit einmischen und so zusammen eine Tonfolge ergeben, aus welcher man oft eine ganz andere, neue Tonart herauszuhören geneigt ist. Soviel steht aber bereits nach diesen wenigen Versuchen fest, dass hier keine Verschmelzung oder Mixtur von Windrohrtönen und Ansatzrohrtönen stattfindet, das beiderlei Töne bei einiger Uebung genau vom Ohre distinguirt werden können, und nur dann sich miteinander verbinden, wenn beide Rohre aus gleicher Tonart gehen. Doch habe ich eben nicht beobachtet, dass bei und durch diese Verbindung die Töne verstärkt wurden. Ist man in Zweifel, ob man einen Windrohr- oder einen Ansatzrohrton (der bei ungenügendem Anspruch auch in der Regel als sehr dünnes, gleichsam oben schwimmendes und noch keine volle Intonirung der ganzen Luftsäule anzeigendes Tonfragment erscheint) vor sich hat, so blase man abwechselnd mit und ohne Deckung. Bleibt der dünne Ton bei der Deckung unverändert, so ist er für einen Windrohr- oder blossen Kantenton anzusehen; wird er dagegen durch diese Prozedur erheblich in seiner Schwingungszahl geändert, so ist es ein Ansatzrohrton. Eine andere, wie mir scheint, nicht unwichtige Beobachtung ist, dass der Anspruch des ungedeckten Ansatzrohrs nur gelingt, wenn das Windrohr, oder was sonst dessen Stelle vertritt, sich konisch verengt, dass also der entsprechende Luftstrom ein konvergirender, sich gegen die anzusprechende Kante verengender, verdichtender sein muss. Nahm ich nämlich ein gleichkalibrirtes Rohr zum Anspruch, auch wenn es sonst die richtige Weite hatte, so gelang auf keine Weise ein Ton. Hieraus geht schon von selbst hervor, dass die Mundlippen bei jedem Anspruch von Panpfeifen oder Flöten einen Kanal mit nach aussen konvergirenden Wänden bilden müssen. Dagegen ist es für die Erzielung des Tonresultats gleichgültig,

ob man ungleichkalibrirte Cylinder am engen oder weiten Ende anspricht, wofern nur der ansprechende Luftstrom sich der Oeffnung akkommodirt. Hat der cylindrische Tonkörper, den man anbläst, eine den Durchmesser des ansprechenden Luftstroms merklich überschreitende Weite, so lässt sich, ebenso wie bei den offenen Kesselpfeifen, durch sukzessives Verengen der Apertur, am bequemsten mittels der Unterlippe, eine entsprechende Minderung der Tonhöhe erzielen; z. B. eine Glasröhre von $2\frac{1}{2}$'' Länge und ziemlich 4''' Weite gab bei mittlerem, angemessenen Anspruch den Ton c^3, dieser liess sich jedoch durch sukzessives Decken der Anspruchsröhre bis auf a^2 vertiefen, und durch Erweiterung auf d^3 erhöhen. Freilich waren jene tiefern Töne matter und der höhere schreiend, also musikalisch unbrauchbar. Auf der sofortigen Ausfindung der zur Erzielung des besten Tons gehörigen Deckung der Anspruchsöffnung des Instruments mittels der Unterlippe und Einführung eines richtig mensurirten Luftstroms gegen die freie Kante beruht das, was man in der Instrumentalmusik den richtigen, kunstgemässen Ansatz nennt.

Die Tonstufen werden bei beiderseits offenen Cylinderpfeifen durch deren absolute Länge bestimmt. Auf ihre Weite kommt es dabei nicht an. Der bekannte konvergirend kalibrirte Messingtubulus von ziemlich 6'' Länge und durchschnittlich 2''' Weite giebt offen angeblasen, ob an der engen oder weiten Mündung, ist gleich, genau denselben Grundton, den eine gleichlange, gleichkalibrirte Holzröhre von 5 oder 6''' Weite giebt, nehmlich h^2 (c^3), obwohl letztere Röhre, wenn die Apertur durch die Lippe zum Theil gedeckt wurde, auch die Töne b^2, a^2 und as^2 anzugeben fähig war. Ebenso verhielt sich das Hornmundstück, das am weiten Ende, wofern nur der Anspruch unter einem zur Rohrwand hinlänglich grossen Winkel kam, genau denselben Grundton gab, wie am engen Ende. Selbst ein Schmalz'scher Ohrspiegel (ein becherförmiger, 1'' 10''' langer, von 12 bis auf 2''' trichterartig sich verengender Cylinder), der an der weiten Mündung (1'') gar keinen Pfeifton mehr hergab, tönte am engen Ende angeblasen nicht anders, als ein Federkiel von gleicher Länge. Durch Koncentration des ansprechenden Luftstroms lassen sich auch in den ungleich kalibrirten Röhren im Allgemeinen dieselben Aliquottöne erzeugen, wie in den gleichkalibrirten, nur ist es bei sehr engen Röhren meistens sehr schwierig, dieselben anders, als in schwachen Andeutungen zu erhalten. Je höher diese Töne und je enger das Lumen der schwingenden Luftsäule, desto dünner und zarter sind dieselben. Die Töne des als Ansatzrohr angesprochenen Tubulus und der übrigen früher gebrauchten Apparate unterscheiden sich in ihrer Lage und in ihren sonstigen Eigenschaften kaum von den Tönen, welche sie angaben, wenn sie als Windrohr fungirten: doch sind die Ansatzrohrtöne, wenigstens dann vernehmlicher, als die Windrohrtöne, wenn sie durch Blasen gegen das weitere Ende erzeugt werden, weil dann ein dickerer Luftstrom wirken kann.

Ueber das fernere Verhalten dieser Cylindertöne hier ausführlicher zu handeln, wäre überflüssig, da meine Untersuchungen in dieser Hinsicht nichts Neues gelehrt haben. Daher brauchen wir uns nur auf das Nothdürftigste zu beschränken. Wird (Fig. 91.) gegen die Kante *b* des offenen überall gleichweiten Cylinders *c c'* ein nur wenig schief und mit geringer Tension auffallender Luftstrom *a* geblasen, so erzeugt dieser hier durch Reflex nach *d* einen Primärton, der durch Konsonanz im Cylinderraum und durch allmählig zunehmende Verdichtung oder Beschleunigung der

getroffenen Luftschichten bis zu einem in $e\,e'$ liegenden Maximum, worauf eine ebenso bis f abnehmende Verdünnung erfolgt (welcher Vorgang sich in den über c hinaus liegenden Luftschichten wiederholt), in einen Ton verwandelt wird, dessen Schwingungszahl einer Wellenlänge entspricht, die zweimal $d\,c$ beträgt. Diese Welle hat demnach ihren Schwingungsknoten (Knotenfläche) in c', und es entspricht ihr der tiefste Ton, den der Cylinder zu geben fähig ist. Würde derselbe in c' geschlossen oder gedeckt, so würde er bei gleichbleibendem Anspruch einen um eine Oktave tiefern Ton geben. Wird dagegen die obere Cylinderöffnung mit einem schräger und schärfer auffallenden Luftstrom intonirt, so bildet sich schon in der Mitte des Cylinders (bei $e\,e'$) eine Schwingungsknotenfläche, und am Ausgang desselben eine zweite: so entsteht ein Ton mit doppelt so hoher Schwingungszahl, oder die Oktave des ersten oder Grundtons. Letztern nennen wir daher auch den ersten Knotenton, während wir den höhern den zweiten Knotenton nennen können. Vgl. Eisenlohr Lehrbuch der Physik §. 181.



Fig. 91.

Was die Wirkung dieses sogenannten Deckens oder Stopfens der einen Mündung ungleich kalibrirter Röhren anlangt, so erlaube ich mir nur folgende Versuche anzuführen, wenn gleich dieselben vielleicht schon durch Pellisov's Theorie cylindrischer und konischer Pfeifen und der Querflöten (die mir bis jetzt leider in ihren Specialibus unbekannt geblieben) überflüssig geworden sind. Eine konisch sich erweiternde, an einem Ende enge, am andern weite Röhre giebt, wie wir oben bemerkten, wenn beiderseits offen, sowohl an dem engen, als am weiten Ende angeblasen, denselben Ton, wenn gleich es am weiten Ende schwer hält, dieselbe Höhe ganz zu erreichen, wie am engen. So giebt z. B. mein Hornmundstück am engen Ende d^4, am weiten höchstens c^4 oder cis^4, noch lieber h^3 oder gar a^3. Wenn es nun am engen Ende gedeckt wird, so giebt es den Ton g^3 (bei mittlerer Lippenstellung f^3), es fällt also der Ton nicht um eine Oktave, sondern nur um eine Quarte oder Quinte. Wird es dagegen am weiten Ende gedeckt, und am engen angeblasen, so fällt der Ton auf f^2, also um eine Oktave und eine Sexte. Die beiden Dacktöne liegen also eine volle Oktave auseinander. Ich weiss nicht, ob diese (wohl schon alte) Erfahrung bereits irgend eine technische Anwendung gefunden hat. Wenigstens hätte man auf Grund dieser Beobachtung an Orten, wo es an hinreichender Höhe fehlt, Gelegenheit, Orgeln mit sehr tiefen Stimmen herzustellen, ohne dass deren Pfeifen $^1/_4$ der eigentlichen Normallänge überschritten. Man kann sehr wohl mit einer Pfeife von 8—10 Fuss Länge einen 64füssigen Ton herstellen. Mittels Mundanspruchs der einen oder andern offenen Mündung lassen sich freilich keine so extremen Wirkungen erreichen, wie bei den Orgel- und anderen Labialpfeifen, im Gegentheil hat man schon an einer Cylinderpfeife von 2 Fuss Länge grosse Schwierigkeit, solche Ansatzrohrtöne zu erhalten: dafür haben die mittlern und kleinern, mundgerechten Pfeifen den Vortheil, durch Koncentrirung des Anspruchs mehrere Tonstufen erklingen zu lassen. Bei leisem Mundanspruch geben alle diese Instrumente zu Windrohrtönen Veranlassung,

welche man mit den oft ähnlich klingenden noch nicht zur Ausbildung gediehenen Ansatzrohrtönen nicht verwechseln darf. Wenn man über Röhren verschiedenen Kalibers eine mit Löchern versehene Membran spannt, doch so, dass immer nur ein Loch sich vor der Luftsäule des Rohrs befindet, oder einen mit Loch versehenen Obturator einsetzt, und dieses Loch mit dem Tubulus anspricht, so hängt es von dem Durchmesser des Lochs und dessen Verhältniss zur Tubulusmündung ab, ob Wind- oder Ansatzrohrtöne gehört werden sollen. Ist das Loch klein genug, so werden fast immer Windrohrtöne erhalten; ist es grösser, so wird die Tonhöhe vom Inhalt und der Länge des Ansatzrohrs bestimmt, und es stimmen die erhaltenen Töne stets mit den durch Mundanspruch der freien Kante erhaltenen überein. Ein weiteres Loch giebt caeteris paribus einen höhern Ton, als ein engeres. Ist der Ansatzraum zu gross, als dass er durch den Windrohranspruch in tonfähige Schwingungen versetzt werden könnte, so gesellen sich wenigstens den Windrohrtönen noch einige tiefere und sonst extra ordinem jener liegende Töne hinzu, z. B. den gewöhnlichen Tönen des Tubulus, wenn das mit dem Loch versehene Blech auf die Mündung einer Wasserflasche gelegt wurde, ein eine Sexte tiefer liegender, sonst den andern Windrohrtönen ähnlich klingender Ton nebst dessen Oktave, die sich so ziemlich als Tertie zwischen h^3 und fis^4 einschob u. s. w. — Eine eigenthümliche Entdeckung machte ich noch in Bezug auf den Anspruchsmechanismus von cylindrischen Röhren. Als ich über einen Hohlcylinder von 6″ Länge und 8‴ Weite, dessen oberes Ende eine Art Knopf bildete, ein elastisches Band gespannt hatte, so dass es quer über diese obere Oeffnung ging, und nun mit dem Tubulus schräg dieses Band, um Zungentöne zu erhalten, anbliess, so war ich nicht wenig überrascht, als ich statt eines Zungentones einen schönen Pfeifton erhielt, b^2. Der Zungenton erschien bei richtigem Anspruch und Luftgebung allerdings auch, lag aber eine volle Quinte tiefer, und tönte dann mit dem Pfeifton zusammen. Bei schwächerem Blasen erhielt ich auch einen viel tiefern Ton, der sich demnach als Grund- oder ersten Knotenton herausstellte, während der ersterhaltene der zweite Knotenton war. Besser erhielt ich diese Töne, wenn ich ein breites elastisches Band, das die ganze Mündung bis auf die nöthige Anspruchsöffnung deckt, aufspannte. Dann war es auch möglich, mittels Mundanspruchs diese Töne zu erhalten. Das Merkwürdige ist aber jedenfalls die Möglichkeit, durch Blasen an einem querübergespannten Bande Pfeiftöne zu erhalten, und gleichzeitig einen Pfeifton und Zungenton vernehmen zu können. Wenn ich anstatt des elastischen Bandes eine feste Platte auflegte, so gelang kein Ton. Die Sache ist wohl einer weitern Untersuchung werth.

Bei schwachem Blasen mit dem Tubulus gegen die Ränder des (schmalen) Bandes erklangen dieselben Töne nebst einigen noch höhern Knotentönen als Windrohrtöne.

Weil der Cylinder sich nach unten erweiterte, lagen seine beiden Volltöne weiter, als eine Oktave auseinander.

2. Cylinderpfeifen mit liegender Anspruchskante. Querflöten.

Diese Pfeifen beruhen im Wesentlichen auf denselben Prinzipien, wie die mit stehender Anspruchskante. Man kann eine Pfeife der eben betrachteten Klasse dadurch, dass man an den entsprechenden Stellen in seine Wandung Löcher schneidet, in ein Instrument verwandeln, das genau dieselben Töne

giebt, wie die Flöte. Man thut es aber behufs musikalischer Wirkung nicht, da, wie wir sogleich sehen werden, die Anspruchsweise der Flöte weit mehr Vortheile bietet, als die der Panpfeife und ähnlicher Apparate.

Wenn man in die Seitenwandung einer Röhre, mag sie beiderseits offen oder geschlossen sein, ein rundes Loch von mindestens 4''' Durchmesser schneidet, die Kante desselben von innen aus zuschärft und mit den Lippen des Mundes so anbläst, dass der Luftstrom schräg von oben und innen auf das dem Munde gegenüberstehende Segment der Lochkante trifft und von demselben gebrochen wird, so entsteht ein voller Pfeifton oder ein Flötenton. Beim Flötenspiel wird die Unterlippe über das Mundloch so geschoben, dass sie dasselbe von vorn her zum grossen Theile überwölbt und auch einen kleinen Theil desselben ganz schliesst. Es bleibt daher vom ganzen Loche nur ein elliptisch zugespitztes Segment von etwa dieser Form und Grösse übrig, gegen dessen obere Kante *a b c* geblasen wird.



Fig. 92.

Blässt man das Flötenmundloch mit einer Röhre an, so fällt daher, wie bei den offenen Kesselpfeifen, der Ton um 1 bis $1^1/_2$ Stufe höher aus. Ahmt man aber die Wirkung der Unterlippe durch Vorlegung eines Stückes Kautschuk nach, so erhält man denselben Ton, wie beim Lippenanspruch. Uebrigens hat man es auch, wenn man von der Vollheit des zu erzielenden Tons absieht, mit dem Mundanspruch in seiner Gewalt, den Ton um einige halbe Stufen zu erhöhen, wenn man nur die Lippen möglichst vom Instrument zurückzieht, und den Luftstrom aus einiger Entfernung wirken lässt. Man kann auch am Flötenmundloche, ebenso wie an andern runden über einer Luftsäule befindlichen Kanten, bei sehr schwachem Anspruch Windrohrtöne, bei etwas stärkerem auch dünne flageoletartig klingende Töne hervorbringen, welche ich Ansatzrohrtonfragmente nennen möchte. Die Kunst des Flötenbläsers besteht zunächst darin, die Unterlippe gehörig aufzusetzen, und dem von beiden Lippen gebildeten Kanale diejenige Form und Kalibrirung zu geben, bei welcher ein zur Intonirung der Luftsäule der Flöte gehörig bemessener Luftstrom erzeugt wird. Die grösste Länge, die eine Flöte haben darf, um noch gute musikalisch brauchbare Töne zu geben, ist zwei Fuss, bei welcher Länge sie, wenn alle Löcher geschlossen sind, den Ton c^1 giebt. Die einzelnen Töne dieser, so wie der nächst höhern Oktave, werden durch sukzessives Oeffnen der Löcher, wodurch die Luftsäule in gleichem Maasse verkürzt wird, erzeugt. Die zweite Oktave (c^2 bis h^2) wird durch einen koncentrirteren Luftstrom bei etwas stärkerer Verkleinerung des Mundlochs erhalten. Dann tönt die Luftsäule mit zwei Schwingungsknotenflächen. Auch der dritte und vierte Knotenton der (g^2 c^3 oder [auf der D-Flöte] a^2 d^3) ist durch weitere Koncentrirung des Anspruchs bei Schluss aller Tonlöcher möglich. Um die Töne von gleicher Stärke und Reinheit zu erhalten, ist bei allen Flötenwerken nöthig, dass das Rohr nach unten (vom Mundloch abwärts) sich allmählig etwas verenge: eine Eigenschaft, durch welche sich die Flöten wesentlich von den Zungenwerken, also auch von den Blechinstrumenten, unterscheiden, bei welchen das Ansatzrohr sich allmählig, besonders gegen das Ende hin, erweitern muss, wenn der Ton voll und starkklingend bleiben soll.

Das charakteristische Timbre der Flöte hängt wesentlich von den nächsten Einwirkungen ab, welche der primär erzeugte Ton erleidet. Während bei den Cylinderpfeifen mit stehender Anspruchskante die primär erzeug-

ten Tonwellen zum Theil für den Klangeffekt verloren gehen, insofern sie durch Zurückwerfung und Beugung in die freie atmosphärische Luft ausfahren, findet dies bei der Flöte weniger statt. Die Flöte ist an ihrer Anspruchsstelle weit weniger offen, als die Panpfeife; die einfahrenden Schallstrahlen gelangen sofort in einen Hohlraum, in welchem sie nur nach einer Richtung hin, gegen die mitschwingende Luftsäule, ausweichen können, während sie nach der andern Richtung durch den Pfropf daran verhindert werden. Ob durch die Abweichung der Richtung, in welcher die sekundären (longitudinalen) Tonwellen zu den primären stehen, was unter einem rechten Winkel geschieht, eine Art Polarisation der Schallwellen erzeugt und ob von dieser das Timbre der Flöte mitbedingt wird, müssen anderweite Untersuchungen lehren. Endlich übt das Material, aus welchem die Wandung der Flöte besteht, auf das Timbre dieses Instruments einen unverkennbaren Einfluss aus.

Das Decken ist bei den Flötenwerken zu musikalen Zwecken noch nicht in Anwendung gekommen. Auch wäre diese Modifikation, die durch eine klappenartige Vorrichtung leicht zu bewerkstelligen wäre, schon deshalb nicht viel werth, da dadurch der Umfang der Flöte nur um einen eine Oktave unter dem Grundton liegenden Ton vermehrt werden würde.

3. Cylinderpfeifen mit Windrohr. Mundpfeifen.

Auch bei diesen Instrumenten ist die Anspruchskante eine liegende; sie wird aber nicht unmittelbar mit einem zwischen den Lippen gebildeten Luftstrom angesprochen, sondern dieser wird durch ein am Instrumente selbst angebrachtes Windrohr gegen dieselbe geleitet. Dieses Windrohr kann auf verschiedene Art hergerichtet werden. Bei den gewöhnlichen Mundpfeifen wird der Luftstrom, der aus dem vollen Munde kommt, in ein allmählig sich verschmälerndes Cylindersegment geführt, und ihm so gegen die Kante eine bestimmte Richtung gegeben. Diese Kante bildet den hintern Theil des bekannten Schallloches dieser Pfeifen, dessen Seitenwände ein seitliches Ausfahren oder Verschwimmen des Luftstroms abhalten. Aus beistehendem in natürlicher Grösse gezeichneten Durchschnitt einer verkürzten gewöhnlichen Mundpfeife der Kinder erhellt die Aehnlichkeit derselben mit mehrern im Vorigen beschriebenen Apparaten.

Hier wird, wie bei mehrern früher erwähnten Versuchen, der Luftstrom zwischen *a* und *e* durch den konvergirenden Kanal *c* gegen den scharfen Rand *m* geführt, der fast genau an der Stelle liegt, wo die beiden Wände *a b* und *c d* bei ihrer Verlängerung zusammentreffen würden. Der Punkt *m* bildet auf diese Art den Brennpunkt für die durch das Windrohr *c* geführten Luftstrahlen, also den Punkt, wo oder vor welchem die Tonwellenbildung stattfindet. Die durch sukzessives Verstärken des Luftanspruchs auf diesem so einfachen Instrument zu erhaltenden Töne sind äusserst zahlreich und verschiedenartig. In beistehendem

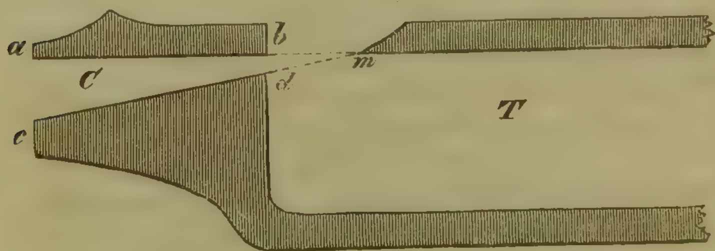


Fig. 93.

Notensystem bezeichnen die untenstehenden kleinen Noten die Windrohr-, die obern grössern die Ansatzrohrtöne. Man denke sich alle Noten um eine Oktave höher.



Beim schwächsten Anspruch erklingen die Windrohrtöne a^2 bis e^3 allein; von f^3 an gesellen sich so ziemlich in der Oktave liegende Ansatzrohrtöne hinzu, die aber noch sehr dünn klingen, und durch eine eigenthümliche Knotenflächenbildung entstanden zu sein scheinen. Dies Register bricht bei h^3 plötzlich ab, und es springt der Ton in ein anderes, tieferes Register um, das eine Knotenfläche weniger, als das vorige, zu besitzen scheint, aber nur in drei Tonstufen besteht, e^3 f^3 g^3, die von dem fortlaufenden Windrohrtönen, also in Tertien, begleitet werden. Jetzt springt der Ton wieder um, oder zurück, und gelangt endlich in das Normalregister, das jedenfalls nur mit einer Knotenfläche schwingt, und 3 – 4 Töne bietet, welche durchaus rein und ohne alle Beimischung von Windrohrtönen klingen. Alle diese Töne wurden bei völlig gleichbleibendem Verhalten des Instruments, nur durch allmäliges Wachsen des Luftanspruchs erzeugt.



Hier treten die Windrohrtöne früher zurück, um den Ansatzrohrtönen Platz zu machen, welche so ziemlich eine Oktave tiefer, als die Töne ungedackt, liegen, wenigstens was das erste Register anlangt, das so ziemlich dem ersten Register des vorigen Systems entspricht. Dagegen unterscheidet sich das zweite Register von dem zweiten ungedackt dadurch, dass es völlig gleiche Lage mit dem ersten hat, und sich nur durch die Intensität des Tones unterscheidet. Ein drittes Register war nicht möglich.

Wurde das Ansatzrohr *T* durch einen Stempel bis ziemlich zum Schallloch verstopft, also sehr verkürzt, so blieben zwar die Windrohrtöne unverändert, aber die Pfeiftöne erhöhten sich um eine Tertie oder Quarte, und liessen sich höher treiben, bis zu einer Oktave, worauf dieselbe Tonreihe von neuem anfing, und die ersten Töne des zweiten Registers *unisono* in beiden Oktaven tönten.

Verlängerung des Ansatzrohrs (bis auf ziemlich 4″) vermehrte die Register. Nach einigen Windrohrtönen erschien das erste Ansatzrohrregister, das aber nur durch einen Ton d^3 vertreten war; dann erschien das zweite Register $a^2 — e^3$, mit guten vollen Tönen, das dann sofort genau in die Oktave e^4 sprang, womit der letzte und höchste Ton erreicht war. Beide letztere Register stellten sich nun natürlich noch verschieden, sobald die Löcher des Ansatzrohrs sukzessiv geöffnet wurden. Auch durch das Decken dieses Instrumentes erfolgten noch verschiedene Modifikationen, auf welche

wir aber, da ihre Betrachtung uns keinen erheblichen Nutzen verspricht, nicht weiter eingehen wollen.

In den sogenannten Flöten- oder Labialpfeifen der Orgel ist die akustische Einrichtung so ziemlich dieselbe, nur dass hier an die Stelle des konvergirend zulaufenden Windrohrs ein Windkessel tritt, der durch den sogenannten Stiefel vertreten wird.

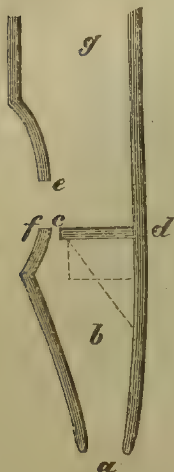


Fig. 94.

Die wesentlichen Theile einer solchen Orgelpfeife, mag sie sonst beschaffen sein, wie sie will, finden sich auf beistehender Abbildung, die, wie man auf den ersten Blick sieht, der vorigen ähnlich ist. Die Luft dringt bei *a* in den Windkessel *b*, wird durch den sogenannten Kern *c d*, der entweder durch eine das ganze Lumen der Pfeife bis auf den Spalt (Mundspalte) bei *c* schliessende Platte, oder einen Klotz, dessen Kontouren durch die punktirten Linien angedeutet sind, eingeengt, und strömt durch diesen Spalt zwischen *g* und *c* gegen die Kante *e*, welche bei den Orgelpfeifen die obere Lippe genannt wird, und zwischen welcher und der untern Lippe *f* der sogenannte Aufschnitt oder Mund liegt, zu welchem der nach aussen gebrochene Theil des Luftstroms (bei den gedackten Pfeifen auch der ins Ansatzrohr strömende) ausfährt. Hier wird der Luftstrom nach den bekannten Gesetzen gebrochen und gebeugt, und bildet die Tonwellen, deren Länge durch die des Ansatzrohrs *g* bestimmt wird.

Alle diese Ansatzrohrtöne werden durch Longitudinalwellen gebildet, deren Länge und Schwingungszahl von der Länge des Ansatzrohrs und von der Tension des Ausspruchsluftstroms abhängt. Ist letzterer von solcher Beschaffenheit, dass nur eine halbe Welle sich im Ansatzrohre bildet, von gleicher Länge mit demselben, so giebt die Pfeife ihren Grundton oder den tiefsten Ton, den sie zu geben fähig ist, so lange sie beiderseits offen steht. Trifft dagegen der ansprechende Luftstrom mit stärkerer Tension auf die brechende Kante (das obere Labium der Orgelpfeifen), so entstehen nach Maassgabe der Tension mehr als eine Schwingungsknotenfläche in der mitschwingenden Luftsäule. Es kommt also auf die Weite der Ansprüchsöffnung (Mundspalte bei der Orgel) viel an. Diese muss zum Munde und diese beiden zur Weite der Pfeife in einem bestimmten Verhältniss stehen, wenn bei einer gewissen mässigen Lufteinfuhr der Grundton der Pfeife ertönen soll. Bei jener Knotenbildung dagegen kommt es auch auf das Verhältniss der Weite oder Dicke des Rohrs zur Länge desselben an. Wir haben hier das gerade oder normale Verhältniss, und das überwiegende Verhältniss entweder der Weite oder der Länge des Ansatzrohrs zu unterscheiden. Gerad oder normal ist das Verhältniss der Weite zur Länge: wenn es etwa 1 : 8 — 12 beträgt. Bei diesem Verhältniss entsteht bei der relativ geringsten Windstärke der Grundton der Pfeife. Panpfeifen, wenn sie leicht ihren Grundton ansprechen sollen, müssen nach diesem Verhältniss mensurirt sein. Ist dagegen eine Ansatzrohrpfeife unverhältnissmässig oder überzwölfmal länger, als dick, so giebt sie ihren Grundton nicht so leicht an, als ihre höhern Knoten- oder sogenannten Flageolettöne. Hierauf beruhen die Flageoletregister der Orgel, deren Pfeifen nicht ihren Grundton, sondern den zweiten Knotenton angeben. Mein be-

kannter messingener Anspruchstubulus, dessen mittlere Dicke zur Länge sich etwa, wie 1 : 30 verhält, giebt beim Anblasen mit dem Munde am leichtesten seinen dritten oder vierten Knotenton an. Umgekehrt, wenn die Weite des Ansatzrohrs einen grösseren Bruchtheil der Länge beträgt, etwa 1:6—4, so bilden sich bei schwächerem Anspruch höhere, bei stärkerem tiefere Register, welche sich jedoch nicht durch longitudinale, sondern mehr, ähnlich den Kesselpfeifen, durch transversale Theilung des Luftstroms zu bilden scheinen, worin vielleicht auch der Grund zu suchen ist, weshalb diese Register (s. die vorhin erwähnten Versuche) so nahe bei einander liegen. Bei kubisch geformten Pfeifen stehen nach Sondhaus die Schwingungszahlen in umgekehrtem Verhältniss zur Quadratwurzel aus ihrem Volum.

Ueber den Einfluss der Deckung auf Tonhöhe und Timbre ist bereits das Wesentliche mitgetheilt worden. Bei kurzen Ansatzrohrpfeifen, die nur zweimal so lang, als weit sind, erniedrigte die vollkommene Deckung den Grundton jedes Registers um eine Quinte, unvollkommene verhältnissmässig weniger. Kubische Pfeifen mögen sich wohl nicht viel anders verhalten, als die Windkesselpfeifen. Weite prismatische Pfeifen schwingen nicht mit ihrer ganzen Luftmasse, sondern nur mit einer cylindrischen, die Ecken nicht mit betheiligenden Luftsäule, ohne dass dadurch der Grundton der Pfeife verändert wird, so lange die Dimensionen der Mundspalte nicht verändert oder nicht eine partielle Deckung vorgenommen wird. Dass die gedeckten Töne sämmtlich ein dumpferes (dunkleres, unklareres) Timbre besitzen, als die ungedeckten, ist eine bekannte Erfahrung, und aus der auf halbem Wege erfolgenden Umkehr der einzelnen Wellen, wodurch zwei verschiedene Molekularbewegungen gleichzeitig und durcheinandergehend entstehen, leicht erklärlich.

Einen bedeutenden Einfluss auf dieselben Tonqualitäten hat auch der Kohäsions- und Elasticitätszustand der Wandungen des Ansatzrohrs. Nach Savart's und Liskovius' Versuchen wird der Ton caeteris paribus um so mehr vertieft, je mehr die Wände dem Druck der von ihnen eingeschlossenen Luftsäule nachgeben können. Er kann durch Erschlaffung und Abnahme des Elasticitätsmodulus der Wände bis auf zwei Oktaven sinken, wobei freilich auch das Timbre des Tones in gleichem Maasse sich verändert oder verschlechtert. Im Allgemeinen klingen diejenigen Ansatzrohrtöne am besten, welche in einem Cylinder erzeugt werden, dessen Wände aus dem die Schallwellen am besten leitenden Material verfertigt sind, und zugleich eine solche Dicke besitzen, dass sie die primären Luftwellen ohne störende (durch sekundäre Transversalschwingungen erzeugten) Interferenzen, durch welche das sogenannte Klirren entsteht, in sich nach ihrer Weise wiederholen. Es kommt also nicht nur auf den absoluten Grad der Elasticität des Rohrmaterials an, sondern auch auf die von den Dimensionen, besonders der Dicke, gebotene Möglichkeit, mehr oder weniger ausgiebige Mitschwingungen, die aber lediglich molekuläre, ohne transverselle Ausweichung oder Ausbeugung vor sich gehende, sein dürfen, zu erzeugen. Das genauere Studium der verschiedenen Modifikationen der einzelnen Tonbedingungen, wie sie die verschiedenen Orgelregister darbieten, würde hier zu manchen interessanten, auch für die specielle Anthrophonik Ertrag versprechenden, Aufschlüssen führen können.

Vrgl. Savart in Annales de chimie et de physique T. 30. 1825. Liskovius in Poggendorff's Annalen der Physik 1843. Nr. 12. Zamminer a. a. O. S. 223.

d. Gefasste Lochtöne. Cylinderpfeifen mit durchbohrten Obturatoren.

So nenne ich eine Klasse bisher noch gar nicht untersuchter Töne, welche manches Auffallende darbieten, und unser Interesse schon deshalb in Anspruch nehmen müssen, weil sie so ziemlich zwischen den reinen Lufttönen und den Zungentönen inne stehen und manchen bisher vermissten Aufschluss, namentlich über das Lippenpfeifen, zu geben versprechen. Wesentlich für die Tonbildung ist hier ein in einem zwischen Windrohr (oder Windkessel) und Ansatzrohr, oder an das Ende eines Windrohrs geschobenen Obturator befindliches, die Form eines kurzen Kanales habendes Loch, durch welches der Luftstrom vor- oder rückwärts geblasen wird. Die hierher gehörigen Versuche knüpfen sich an die unter b. Nr. 5. erwähnten an, wo an kurzen Cylindern schon Töne erhalten wurden, wenn sie nur an einem Ende mit einem durchbohrten Obturator versehen sind. Die dabei von mir verwendeten Apparate bestanden zumeist aus Glasröhren von verschiedener Länge und Weite, und Obturatoren aus Korkholz oder aus Kastanienmasse, von verschiedener Dicke, das Cylindervolumen genau ausfüllend, und in der Mitte von einem Kanale durchbohrt, der über 1‴ weit sein musste. Auf die Beschaffenheit dieses Kanals kommt erstaunlich viel an. Ganz geringe Unterschiede des einen Ausgangs vom andern, die man oft überhaupt aufzufinden Mühe hat, können bewirken, dass der Obturator nur von der einen Seite anspricht, von der andern nicht. Zuweilen kommen Geräusche vor, die man der Theorie nach als Töne betrachten darf und muss, und deren Schwingungszahl man meist sehr leicht bestimmen kann. Oder es sind fragmentarische, gleichsam skizzirte oder punktirte Töne, welche alle bei nächster Wiederholung des betreffenden Versuchs als gute Töne erscheinen, sobald nur der Obturator seine Bedingungen besser erfüllt. Ueberhaupt lassen sich fast bei keinen Versuchen tiefere Blicke ins Wesen der Tonbildung thun, als bei diesen. Aber Zeit und Geduld gehört dazu.

α. Anspruch mittels eines Obturators.

1. Eine Glasröhre von 2″ 8‴ Länge und 7‴ Weite wurde an dem einen Ende mit einem Obturator von 4‴ Dicke geschlossen, in welchen ein überall gleichkalibrirter Kanal von $2\frac{1}{2}$‴ Weite gebohrt war.*) Wurde das Instrument am offenen Ende mit vollem Munde angeblasen, so gelang kein Ton. Umgekehrt, das obturirte Ende in den Mund genommen, ertönte ein schwacher Ton, der seiner Höhe nach als e^2 bestimmt werden konnte. Beim Einziehen der Luft versagte er. — Ebenso erschien bei einem Obturatorkanale von $2\frac{3}{4}$‴ Länge und einer Weite von 4‴ der Ton f^2, zwar dünn, aber deutlich und rein. Ein höherer Ton war durch stärkeren Luftanspruch nicht zu erhalten. Bei Wiederholung dieses Versuchs mit einer Glasröhre von 3″ 4‴ Länge und 5‴ Weite und mit einem Obturator von $1\frac{1}{2}$‴ Dicke und $1\frac{2}{3}$‴ Kanalweite ergab sich ein anderes Resultat. Voraus muss geschickt werden, dass die eine Fläche des Obturators uneben, auf der einen Hälfte zum Theil etwas ausgehöhlt war, doch so, dass der Rand allenthalben gleiche Höhe behielt. Mochte nun dieser aus getrockneter Kastanie gefertigte Obturator, dessen Kanal ziemlich genau und gleichmässig kalibrirt

*) Bei engerem Kanale, z. B. von nur 1‴ Weite, gelang keine Tonbildung.

war (jedenfalls besser, als die aus Korkholz fabrizirten Obturatoren des vorigen Versuchs), am vordern oder hintern Ende des Cylinders stehen, so entstand ein Ton immer nur dann, wenn die konkave Fläche des Obturators vorlag. Ich schnitt nun die Erhabenheiten weg und ebnete so diese Fläche: das Resultat blieb unverändert. Nicht einmal ein Geräusch entstand, wenn die andere Fläche vorlag. Bei genauer Untersuchung fand ich doch, dass die tonfähige Mündung des Kanals etwas weniges, aber nur stellenweise, enger war, als die gegenüberstehende, und daher wohl schon zu den folgenden Versuchen gehört.

2) Nachdem der Kanal des Obturators am einen Ende $1\frac{1}{2}'''$, am andern $2\frac{1}{2}$ bis $3'''$ weit gemacht worden, und die weitere Oeffnung desselben nach aussen, die engere nach innen gerichtet war, so entstand, wenn die offene Mündung der Glasröhre mit vollem Munde ganz schwach angeblasen wurde (stärkerer Anspruch hatte gar keinen Erfolg), ein ähnlicher schwacher Pfeifton von ziemlich gleicher Höhe, wie der vorige. Versuche, beim Einwärtsziehen der Luft einen Ton zu erhalten, schlugen durchaus fehl. Ebenso war, wenn der Obturator umgekehrt wurde, so dass die engere Kanalmündung nach aussen, die weitere nach innen zu stehen kam, beim Ausblasen kein Ton möglich, wohl aber beim Einziehen der Luft.

3) Es wurde nun das Instrument umgekehrt in den Mund genommen, so dass das obturirte Ende sich im Munde befand. War hier das weitere Kanalende nach vorn (nach dem Gaumen zu) gerichtet, so entstand ebenfalls zwar nicht beim Ausblasen, wohl aber beim Einziehen der Luft ein Ton, der um eine Stufe tiefer stand, als der vorige, also d^2. Soviel ergiebt sich bereits aus diesen und mehrern andern von mir zu diesem Zwecke angestellten Versuchen mit Sicherheit, dass ein gleichkalibrirter oder kegelförmiger Obturatorkanal nur von der einen Mündung aus (letzterer von der engern) tonfähig ist. Ist der Kanal verhältnissmässig eng, so kommt es oft vor, dass der Obturator gar keinen Ton giebt, oder dass er tonunfähig wird, nachdem man eine kleine Veränderung am Kanale angebracht hat. Schon eine kleine Ausweitung desselben von einer Seite her reicht hin, um die erwähnten Wirkungen der Konicität hervorzubringen. War das engere Kanalende dem Gaumen zugekehrt, so entstand nur beim Ausblasen der Ton. Das Ansatzrohr schien also in diesem Falle eine Vertiefung von 1 Tonstufe bewirkt zu haben. Denn im erstern Falle fungirte die Glasröhre nicht als Ansatzrohr, sondern als Windrohr, weil es vor, nicht hinter dem Schallloche (oder Schallkanale) lag.

4) Wurde derselbe Obturator in eine Röhre gesteckt, die halb so lang war, als die vorige, ohne enger zu sein, so entstand bei sonst gleichen Umständen der Ton f^2, also nicht die Oktave, sondern die Tertie des vorigen, welcher Ton sich gleich blieb, mochte das obturirte, oder das freie Ende des Cylinders in den Mund genommen werden Bei sehr kurzen Röhren macht also das An- oder Vorsetzen des Rohrs keinen Unterschied in der Tonhöhe.

5) Es wurde nun statt des bisher gebrauchten ein etwas dickerer Obturator genommen und in denselben ein Kanal geschnitten, der in der Mitte enger war, als an beiden Enden, so dass der Längendurchschnitt desselben die Dimensionen der Fig. 95 A. zeigte. Dieser Obturator wurde nun ganz ebenso verwendet und intonirt, wie der Vorige. Es entstand hier in allen Fällen ein Ton (f^2), mochte der Obturator von vorn oder von hinten, mit Ausblasen oder Einblasen angesprochen werden. Der Ton war freilich nicht

sehr stark und liess sich auch nicht sonderlich schwellen. Wurde die kurze Röhre (des vorigen Versuchs) gebraucht, so war nur ein Ton (cis^3) möglich, wenn der Obturator am hintern Ende der Röhre sich befand, und zwar auch nur beim Ausblasen: gleichviel natürlich, welche Seite des Obturators vorlag.

6) Jetzt wurde ein noch dickerer Obturator genommen, in welchen ein kegelförmiger Kanal geschnitten war, dessen engere Mündung sich wieder etwas erweiterte (letzteres ist jedoch unwesentlich). Siehe den Durchschnitt Fig. 95 B. Hierbei waren die Tonphänomene noch auffallender. Es kam, wenn dieser Obturator an ein 3—4 zolliges Rohr gesteckt wurde, in jedem der vorerwähnten Fälle ein Ton zum Vorschein; aber am vollsten und lautesten, d. h. weit besser, als die bisher erhaltenen Töne, wurde dessen Ton, sobald der Anspruchsstrom, möchte er beim Exspiriren oder beim Inspiriren erzeugt werden, von *b* nach *a* ging. Die von *a* nach *b* geblasenen Töne dagegen waren nur bei leisem Anspruch zu erhalten und liessen sich nicht schwellen. Zuweilen waren auch bei Vorsatzrohr (Windrohr) durch Veränderung des Luftanspruchs mehr als Ein Ton möglich (h^2 d^3 e^3): es scheinen sich also auch hier nach Umständen mehrere Schwingungsknoten zu bilden.



Fig. 95.

7) Bisher befand sich der Obturator stets an dem einen Ende des Cylinders. Wenn der in No. 5 gebrauchte Obturator bei dieser Lage (am hintern Ende) den Ton g^2 ertönen liess, so änderte er sich in a^2 und h^2, sobald er von der Mündung ab gegen die Mitte des Cylinders gerückt und dessen Luftsäule dadurch verkürzt worden war. Hierin ist weiter nichts Besonderes. Allein weiter gegen die Mitte gerückt, wollte die nächste Tonstufe, also c^3, durchaus nicht ansprechen: es erscholl nur ein Sausen mit Anklang an ein höheres Register. Sobald aber der Obturator etwas weiter, als präsumtiv für c^3 erforderlich war, d. h. so ziemlich genau in die Mitte des Cylinders gerückt worden war, ertönte plötzlich ein ganz neuer, weit höherer Pfeifton (fis^3) von prachtvollem Timbre, welcher, wenn der Obturator noch weiter, über die Mitte hinaus, geschoben wurde, sich auf g^3, und noch weiter bis a^3 erhöhte, aber zugleich schwächer und schlechter wurde, und dann beim Weiterschieben bis zum Mundende in gleicher Weise, nur in umgekehrter Tonfolge durch h^2, a^2 nach g^2, mit genau demselben Timbre, wie die erstern Töne, zurückging. Ebenso, wenn ein konisch durchbohrter Obturator von nur 2‴ Dicke genommen, und ans Mundende gesteckt wurde, die enge Mündung gegen den Gaumen gerichtet Es ertönte hier der schwache Ton fis^2, der sich, wenn der Obturator allmälig bis fast zur Mitte des Cylinders vorgeschoben wurde, ebenso allmälig um 2 Stufen, bis ais^2 erhöhte. Weiter, bis zur Mitte selbst vorgeschoben ertönte die Oktave des Grundtons, fis^3, wie im vorigen Falle. Derselbe Vorgang mit denselben Tönen wiederholte sich, wenn der Obturator ans untere Ende gesteckt und allmälig von unten nach oben gegen die Mitte geschoben wurde. Dagegen gelang kein vernehmlicher Ton, wenn ein gleichkalibrirter oder seine Dilatation nach vorn kehrender Obturator in der Mitte des Cylinders stehend angeblasen wurde.

Wurde dagegen die engere Glasröhre (s. No. 1) mit dem dünnen gleich-

kalibrirten Obturator gebraucht, so traten ähnliche Phänomene ein, wie bei Anwendung des Obturators von No. 5 im dickern Cylinder. Die Töne waren nebst ihren Bildungsstellen folgende:

Knotentöne	*fis*³	*g*³ (undeutlich)	*a*³	*g*³. · ·	. *f*³	*g*³	*a*³	*g*³	*fis*³
Grundtöne	*f*²	*g*²	*a*²	· . . vacat		. . ·	*a*²	*g*²	*f*²

Die oberen, als Knotentöne bezeichneten Töne wurden bei stärkerem Anspruch erhalten als die untern.

8) Der vorige Versuch gelang nicht, wenn der Obturator in die Mitte eines nur 1½″ langen Rohrs gebracht wurde; ebenso wenig gab derselbe mit diesem kurzen Rohre einen Ton, wenn er an ein Ende desselben gesteckt wurde.

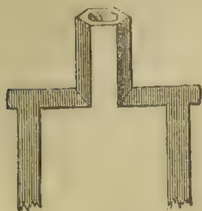
9) Ein Glastrichter 2″ 8‴ lang, oden 15‴ weit, nach unten sich in gewöhnlicher Weise auf 1½‴ Apertur verengend, wurde in das weitere Ende des Obturators No. 6 gesteckt und dieser Apparat als Windrohr mit vollem Munde angeblasen. Es entstand ein zarter Ton (f²), der bei etwas stärkerer Luftgebung nach a² übersprang, welcher letztere Ton sich sogar etwas schwellen liess. Auch d³ liess sich zuweilen noch hören. Der Ton a² war auch beim Einziehen der Luft mit geringer Intensität erzeugbar. Wurde der Trichter an das engere Ende gesteckt (oder wenigstens luftdicht gehalten), so waren dieselben Töne f² und a² nur beim Ausblasen, nicht aber beim Einblasen zu erhalten. Ziemlich dieselben Töne waren aber auch beim Einblasen zu vernehmen, wenn der Trichter auf das Loch des Obturators No. 1 oder auf ein in ein 2‴ dickes Bret gebohrtes gleichkalibrirtes Loch, das etwa gleiche Weite mit der Cylindermündung hatte, gesetzt wurde*).

10) Das Hornmundstück gab mit einem in seine weite Oeffnung eingesetztem Obturator nur dann einen guten Ton, wenn dessen Schallkanal kegelförmig war, und die enge Mündung desselben dem Luftstrome entgegen vorlag, mochte von vorn oder hinten geblasen (in- oder exspirirt) werden. Siehe Vers. 6. — Wurde es bei gleichbleibender Vorrichtung mit seinem engen Ende in ein weiteres, ziemlich langes Rohr gesteckt und angeblasen, so erniedrigte sich dadurch der anfängliche Ton nicht, wohl aber geschah dies sehr entschieden durch ein ziemlich mit der engen Oeffnung gleichweites Ansatzrohr, auch wenn dasselbe kurz war. So vertiefte ein solches Rohr von 2½″ Länge den Ton um 1 Tertie.

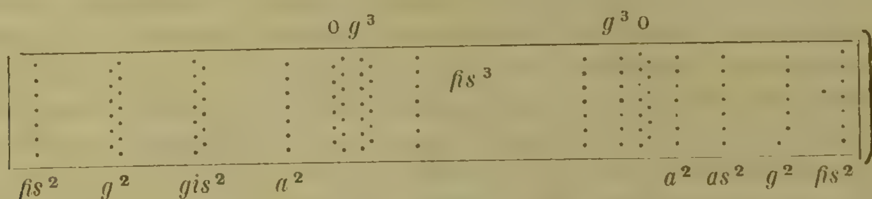
11) Eine zinnene Röhre 3″ 5′′ lang, 6‴ weit, am einen Ende deckelförmig geschlossen und mit einem 4‴ langen und 1½‴ weiten Kanale versehen, wurde an diesem verengten Ende mit den Lippen oder mit dem vollen (auch einen Theil des Cylinders umfassenden) Munde angeblasen, und gab so bei schwacher Luftgebung den Ton c², der oft mit d² abwechselte, und von dem Flageoletton fis³ fast immer begleitet war. Aehnliche Töne erschienen, wenn das Instrument umgekehrt durch Einziehen der Luft intonirt

*) Bei diesem von den vorigen wesentlich abweichenden Versuche fungirte das enge Ende des Trichters als Obturator, nicht der bisher in dieser Eigenschaft benutzte Körper.

wurde, nur dass hier statt jenes d^2 vielmehr e^2 gehört wurde, und der hohe Flageoletton nur sehr unvollkommen auftrat. Mit vollem Munde vom offenen Ende angeblasen gab das Instrument keinen Ton. Sobald aber die Lippen vor der Apertur desselben etwas (fast wie zum Pfeifen) zugespitzt und so die Mundöffnung verengt wurde, ertönte bei richtigem Ansatz ein guter, schwellbarer Ton c^3, also die Oktave des bei Anspruch der Kanäle erhaltbaren ersten Tons, während die übrigen Töne hier nicht gelingen wollten. Von Interesse ist dabei noch, dass dieselben beiden Töne c^2 und c^3 zu Gehör kommen, wenn diese Röhre nach Art der Panpfeifen mit den Lippen intonirt wurde. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich am Hornmundstück, wenn dessen enge Mündung gedeckt wurde. Derselbe Ton sprach hier an, mochte die obere (weite) Oeffnung desselben mit offenen oder angedrückten Lippen angesprochen werden.


Fig. 96.

12) Bisher waren die in den angewandten Obturatoren befindlichen Oeffnungen rund: jetzt versuchte ich spaltförmige. Zuerst machte ich in einen Obturator von Korkholz ($1\frac{1}{2}'''$ dick) einen Spalt von etwa $3'''$ Länge, beiderseits spitz zulaufend, in der Mitte $1'''$ breit, dessen Lumen sich nach der andern Fläche des Obturators zu erweiterte, analog den kegelförmigen Kanalöffnungen. Wie bei letztern, so gelang auch hier nur ein Ton, wenn die engere Spaltöffnung vorlag. Den besten und vollsten Ton gab der Apparat (die $40''$ lange Glasröhre), wenn der Obturator von der Mundöffnung an bis fast in die Mitte geschoben war, es war der 2. Knotenton fis^3 oder g^3. Allmälig der Mundöffnung näher gerückt, verschwand erstlich jeder Ton ganz und gar, dann trat sehr schwach a^2 auf, das bei Höherrückung as^2 (schon ziemlich klangvoll), weiter g^2, endlich an der Mündung selbst fis^2 wurde, das als Grundton zu betrachten war. Der Bereich, wo der 2. Knotenton gut und stark zu hören war, betrug etwa $\frac{1}{2}''$, und zwar so, dass in der Mittelregion fis^3 und an den beiden Grenzen derselben g^3 zu hören war. Derselbe Vorgang fand in umgekehrter Ordnung in der hintern Hälfte des Cylinders statt, also genau so, wie bei Obturatoren mit cylindrischer Oeffnung.



13) Weiter versuchte ich Obturatoren, deren spaltförmige Oeffnung aus elastischem Material gebildet war. Diese Apparate bilden den Uebergang einestheils zu den Kesselpfeifen No. 6, anderntheils zu den zweilippigen Zungenapparaten, von welchen wir im nächsten Abschnitt reden werden. Sie sind so ziemlich konstruirt, wie diese, d. h. sie bestehen aus einem runden oder ringförmigen Rahmen, über den 2 elastische Zungen gezogen sind, die stark gespannt werden und zwischen sich eine lanzetförmige Oeffnung lassen, also von einander soweit abstehen müssen, dass sie durch den Luftanspruch nicht in stehende Schwingungen gerathen. Dieser Rahmen wird in einen Cylinder geschoben, wie die bisherigen Obturatoren, und vorn

oder hinten angeblasen. Gut ist es, um Töne zu erhalten, wenn der vor der Bänderfläche des Mundstücks liegende Cylinder sich nach auswärts konisch verengt. Doch kann man auch ein bloss mit Ansatzrohr versehenes Mundstück mit direktem Mundanspruch intoniren. Jedenfalls ist das Ansatzrohr wesentlicher, als das Windrohr Wenn man ein gläsernes Rohr zu diesem Zweck anwendet, so kann man sich überzeugen, dass die Bänder keine Schwingungen machen, sondern sich nur dilatiren. Der Ton ist scharf, gellend und voll; an Bändern von 9—10‴ Länge erhielt ich den Pfeifton b^2—c^3. Immer ist ein solcher Pfeifton bedeutend, circa 1 Oktave höher, als der entsprechende Zungenton. Durch ein konisch sich verengendes Ansatzrohr wird eine Vertiefung des Tons um ½—1 Stufe erzielt.

β. Anspruch mittels der Lippenöffnung.

Hier wird der mit dem tonerregenden Loche versehene Obturator von den Mundlippen gebildet, welche luftdicht an die Mündung eines, in der Regel beiderseits offenen Cylinders angedrückt werden. Die Lippen nehmen dabei nicht ganz die Form und Haltung an, wie sie für das gewöhnliche Pfeifen erfordert wird; sie schliessen sich gewöhnlich bis auf eine fast viereckige oder rautenförmige Oeffnung, durch welche die Luft so geblasen wird, dass sie ohne anderweitige Vorrichtung noch zu keiner Tonbildung Anlass giebt. Am besten eignen sich zu diesen Versuchen Glascylinder von ½—1″ Weite, die an der einen Apertur etwas, ähnlich einem Trompetenmundstück, ausgeschweift sind. Das Glas bietet hier besonders den Vortheil, dass man dabei das Verhalten der Lippen und des Lochs ziemlich gut beobachten kann. Bei diesen Versuchen, die zu den schwierigsten gehören, hat man sich davor zu hüten, dass man nicht wirkliche auf den Lippen selbst erzeugte Pfeiftöne für solche, die dem Ansatzrohr angehören, anspricht. Um diesen Irrungen zu entgehen, mache man daher zuerst Probe- oder Unterscheidungsversuche: man pfeife in Cylinder von verschiedenem Kaliber und Länge bestimmte Lippentöne hinein, wobei man — im Allgemeinen wenigstens — finden wird, dass diese Töne unter allen Umständen, wenn auch nicht dem Timbre, so doch der Höhe nach dieselben bleiben, mag das Rohr lang sein oder kurz u. s. w. Dann blase man bei dem sogleich näher zu beschreibenden Lippenanspruch, ohne einen bestimmten Ton zu wollen, in Cylinder verschiedener Länge und Weite, und man wird bei genau demselben Verhalten der Lippen Unterschiede in der Höhe finden, die mit der Länge des Cylinders genau im Einklange stehen. Ist man so weit gekommen, so vergleiche man die Klangfarbe beider Tonklassen, und man wird bald dieselben unterscheiden lernen. Uebrigens muss bei Röhren, deren Anspruchsöffnung 10—12‴ weit ist, die Mundöffnung zur Erzielung des mittlern oder Grundtons so weit gemacht werden, wie sie nimmermehr einen gewöhnlichen Lippenpfeifton erzeugen kann.

Wenn man eine 10—12‴ weite, am Anspruchsende gut abgerundete oder lippenförmig ausgeschweifte Glasröhre so zwischen die wulstförmig vorgestülpten und eine nicht zu kleine Oeffnung zwischen sich lassenden Lippen schiebt, dass die Prolabia jene Mündung der Röhre genau anschliessend und sich zum Theil darüber wegstülpend umfassen, und man nun in den Cylinderraum einen mässig starken, aber in der Mundhöhle durch keinen besondern Mechanismus komprimirten Luftstrom giebt (die Zunge bleibt zurückgezogen und auf dem Grunde der Mundhöhle liegen), so

wird derselbe, sobald man den rechten Ansatz gefunden hat, einen ziemlich grossen, vollen, klangreichen und schwellbaren Ton hören lassen. Die Oeffnung des Mundes, die man im Spiegel, wenn der Cylinder nicht zu lang ist, ganz gut betrachten kann, hat die Gestalt eines liegenden Rhombus oder verzogenen Trapezes, kann jedoch auch so ziemlich lanzetförmig oder stimmspaltartig sein. Ein Cylinder von 6″ Länge und 1″ Weite gab als beste Töne c^3 und d^3; e^3 war auch, obwohl weit matter und unsicher, zu erreichen, wenn die Mundöffnung etwas grösser gemacht wurde. Desgleichen liess sich durch Verengung der Mundöffnung der Ton allmälig bis auf a^2 vertiefen. Diese Töne stimmen, wie wir schon hier bemerken wollen, ihrer Höhe und auch so ziemlich ihrem Klange nach mit den überein, die durch schrägen Pfeifanspruch auf die mehr oder weniger offene Glasröhre erhalten wurden, werden also nicht zwischen den Lippen selbst gebildet, sind also auch keine Lippen-, sondern Cylinder-Pfeiftöne.

Wenn man statt des längeren einen kürzeren Cylinder nimmt, so wird der Ton caeteris paribus erhöht. Ist seine Länge nur noch das Doppelte seiner Weite oder noch geringer, so giebt er keinen Ton mehr an.

Sonst hat die Weite des Cylinders keinen erheblichen Einfluss auf die Tonstufe. Alles wie bei den Cylinderpfeifen, wenn sie durch schrägen Kantenanspruch intonirt werden.

Was aber letztern Apparaten abgeht, es können bei unserem anschliessenden Lippenanspruch die Grundtöne auch durch Einziehen der Luft, freilich mit viel schwächerem Timbre (da ihre Konsonanz in der Mundhöhle stattfindet) erhalten werden. Gewöhnlich ist der Einblaston $^1/_4$ — $^1/_2$ Stufe höher, als der Ausblaston. Sobald die Länge des Rohrs 1 Fuss überstieg, war kein Einblaston mehr möglich.

Bis jetzt haben wir zwei den Ton abstufende Mittel bei diesen Apparaten kennen gelernt, die Veränderungen der Weite der Mundöffnung, und die der Länge des Ansatzrohrs. Die Weite des Ansatzrohrs hat bei gleichbleibendem Kaliber auch einen, obwohl verhältnissmässig geringen Einfluss auf die Tonhöhe. Weitere Röhren geben zwar caeteris paribus einen tiefern Grundton, als engere. Doch steht dieser Unterschied nicht in geradem Verhältniss zur Anspruchsweite des Rohrs, sondern beträgt jedenfalls weniger, wenn es sich auch wohl kaum durch eine mathematische Formel bestimmen lassen dürfte. Bei einer engern Anspruchsöffnung des Cylinders kann ferner die Mundöffnung nicht in dem Maasse erweitert, also auch der Grundton nicht so hoch getrieben werden, als bei weiteren Röhren. Immerhin giebt jedoch dieser Umstand einen Unterschied der gegenwärtigen Töne von den sub c. erörterten Ansatzrohrtönen ab. Ausserdem wird der Ton durch theilweise Deckung der abstehenden Oeffnung des Cylinders vertieft: komplete Deckung ist natürlich hier gar nicht anwendbar: ebenso wird der Ton durch Konvergenz der Wandungen des Cylinders vertieft. So giebt z. B. das Hornmundstück einen eine kleine Tertie tiefern Ton, als eine gleichlange Glasröhre von gleichbleibendem Kaliber, und der Schmalz'sche Ohrspiegel, obgleich 9‴ kürzer, als das Hornmundstück, einen 1 bis $1^1/_2$ Stufen tiefern Ton, als letzteres. Umgekehrt wird der Ton durch Divergenz der Rohrwandung erhöht, und findet hier sogar der auffallende Umstand statt, dass der Ton eines gleichkalibrirten Cylinders von mässiger Länge erhöht wird, wenn an denselben eine divergirende Verlängerung angesetzt wird. So giebt Fig. 97 die Röhre *ab* für sich einen um eine volle Stufe tiefern Ton, als die Röhre

abc, obwohl diese ein beträchtliches Stück länger ist, also ohne die in *ef* vorhandene Ausweitung einen weit tiefern Ton geben würde. Aber auch Knotentöne lassen sich durch Modifikation des Mundanspruchs erhalten. Hierzu ist es nöthig, dass der Cylinder mindestens 6 Mal länger, als weit ist, und dass seine Weite nicht über 5 — 6‴ betrage. Ein Glascylinder von 32‴ Länge und 5‴ Weite gab den Grundton $g^2 - a^2$, bei koncentrirterem Anspruch mit etwas mehr verengter Lippenöffnung a^3; einer von $3\frac{1}{2}$‴ Weite und 29‴ Länge gab den Grundton b^2, und den Flageolet- oder 2. Knotenton h^3. Es gehört aber viel Uebung dazu, auf so kleinen Instrumenten Flageolettöne zu erhalten. In der Regel liegt der 2. Knotenton etwas mehr als 1 Oktave höher, als der erste, was aber nur durch den zufälligen Lippenansatz bedingt sein mag. Ferner versuchte ich auch komplicirtere Apparate, z. B. einen gewöhnlichen hölzernen Bierhahn, nach Ausziehung des senkrechten Theils desselben. Als Mundloch bediente ich mich der obern Apertur des kurzen senkrechten Kanals, die untere hielt ich zu, so dass der Ton sich grossentheils im längern horizontalen, engern, doch ziemlich gleich kalibrirten Cylinder bilden musste. Es erschienen hier durch Modifikation des Mundanspruchs 3 Töne, h^2, d^3 und a^3, von ziemlich angenehmem Timbre, wenn auch keiner grossen Intensität. Durch partielle Deckung der seitlichen Mündung liessen sich diese Töne etwas vertiefen.

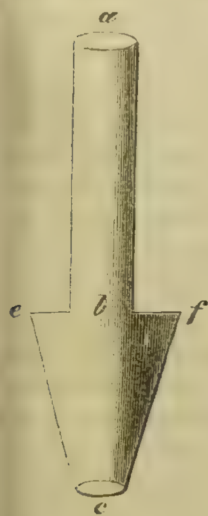


Fig. 97.

γ. Anspruch mittels Lippenöffnung und Obturators.

Jetzt wurde bei Mundlippenanspruch die gleichzeitige Einwirkung durchbohrter Obturatoren geprüft. Hierzu nahm ich zuerst eine oben etwas ausgeschweifte Glasröhre von 2″ 7‴ Länge und 8‴ Weite. Sie gab mit dem bekannten Mundanspruch den Grundton $e^2 - fis^2$. Wurde in das obere Ende, das für gewöhnlich (der Ausweitung der Kante wegen) zum Mundansatz diente, ein Obturator von etwa 2‴ Dicke gesetzt, der mit einem gleichkalibrirten Kanale von $1\frac{1}{2}$‴ Weite durchbohrt war, so dass derselbe so ziemlich an die angesetzten Lippen stiess, und der Kanal die Fortsetzung der Mundöffnung bildete, so erschien so ziemlich derselbe Ton, wie ohne Obturator. Wurde nun der Obturator allmälig herabgerückt, bis ans entgegengesetzte Ende des Cylinders, so fiel der Ton allmälig bis a^1, wurde aber auch in gleichem Verhältniss schwächer, d. h. er konnte nur bei schwachem Luftdruck erhalten werden. Wurde dagegen bei dieser Stellung des Obturators der Luftdruck verstärkt, so sprang der Ton auf fis^3, also auf die Oktave des Grundtons mit 2 Knotenflächen. Dieselben Töne, bis auf letztere, waren auch, obwohl mit matterem Timbre, beim Einziehen der Luft zu erhalten. Der 2. Knotenton fis^3 war, und zwar noch lauter als unten, auch oben zu erhalten. Bei $\frac{1}{4}$ Abstand von der Mundöffnung war der 1. Ton noch f^2, der 2. cis^3, also nur die Quinte, nicht die Oktave. Zwischen dieser Lage des Obturators und der am untern Ende, wo wieder fis^3 eintrat, waren nur klanglose Andeutungen an Knotentöne zu erhalten, die zwischen cis^3 und fis^3 lagen. Uebrigens ist es wohl kaum nöthig, zu bemerken, dass jene beiden Töne fis^2 und fis^3 auch beim Panpfeifenanspruch erhalten wurden.

(Bei dem schon erwähnten $3\frac{1}{2}''$ langen und 5''' weiten zinnernen Cylinder, dessen am Ende befindlicher Obturatorkanal 4''' lang, gleichkalibrirt und etwa $1\frac{2}{3}'''$ weit war, war unter gleichen Verhältnissen nur der 2. Knoten- zu erhalten.) Der Obturatorkanal wurde nun trichterförmig ausgeschnitten, so dass die eine Mündung desselben $3\frac{1}{2}'''$ weit wurde, die andere ihre vorige Weite behielt, und so in das hintere Ende des Cylinders gesteckt, dass die engere Mündung nach unten sah. Statt des vorhin erhaltenen Tons a^1 erschien jetzt unter gleichen Verhältnissen der Ton c^2 oder b^1, es wurde also eine Vertiefung von nur 3—4 Stufen bewirkt, auch war dieser Ton sehr schwach und klanglos. Er wurde aber weit besser und heller, wenn die Luft eingezogen wurde. In diesem Falle war gewöhnlich der Ton 1 Terz höher, nur zuweilen blieb derselbe Ton, oder es erschien der tiefere Ton $h^1 - b^1$. Wurde der Obturator der Mundöffnung näher gerückt (bis auf 1''), so erhöhte sich der Ton auf d^2, der schon etwas besser klang; noch höher wurde er dis^2 und endlich e^2, wie oben. Der bei dieser hohen Stellung des Obturators durch stärkern Anspruch erhaltene Knotenton war gewöhnlich eine None höher, als der Grundton; die Oktave erschien, wenn der Obturator etwas abgerückt wurde, sowohl beim Aus- als Einblasen. Die Quinte des Grundtons (bei $\frac{1}{4}''$ Abstand des Obturators vom Mundende) gelang hier besser beim Einziehen der Luft; die Oktave des Grundtons bei tiefstem Stande des Obturators dagegen besser beim Ausblasen. Wurde nun dieser Obturator umgekehrt, so dass die engere Mündung nach vorn (nach der Mundöffnung) gerichtet war, so erschienen bei sonst gleichen Verhältnissen dieselben Töne, nur dass dieselben jetzt beim Ausblasen ungleich besser gelangen, als beim Einblasen, wobei es fast unmöglich war, einen Ton zu erhalten. Bei sehr hoher Stellung des Obturators waren die erhaltenen Grundtöne in der Regel mit höhern Knotentönen begleitet, welche natürlich rein und laut zum Vorschein kamen, wenn der Anspruch in genügendem Grade verstärkt wurde. Am besten gelang der 2. Knotenton, der hier genau 1 Oktave höher lag, als der Grundton. Die den mittlern Ständen des Obturators angehörigen Flageolettöne konnten dagegen nur mit vollem Mundanspruch erhalten werden. S. oben. Sowohl bei gleich- als ungleichkalibrirtem Obturator wurde, wie erwähnt, bei Hinterstande desselben, derselbe Flageoletton erhalten, wie bei Vorderstande. Wurde nun der Obturator von diesem untern Cylinderende aus ein Stück (etwa $\frac{1}{8}$ der Länge) aufwärts geschoben, und die richtige Lippenstellung getroffen, so ertönte ein noch höherer Flageoletton (g^3), aber schwach und schwierig. Bei noch vermehrter Aufwärtsrückung konnte ich (in einem Falle) keinen klingenden Ton mehr erhalten.

Wurde endlich ein Obturator genommen, dessen Kanal nach beiden Richtungen sich erweiterte, so blieben die Verhältnisse so ziemlich dieselben. Stand der Obturator vorn, der Mundöffnung möglichst nahe, so erschien bei gewöhnlichem Anspruch f^2, welcher Ton bei koncentrirterem Anspruch auf g^3, also um eine None sprang; in die Mitte herabgedrückt fiel der Ton auf es^2, also nur um eine Stufe (zuweilen erschien aber auch des^2); bis an die untere Oeffnung des Cylinders gerückt fiel der Ton dagegen bis auf $b^1 - as^1$ so dass also die Vertiefung in der zweiten Hälfte des Cylinders $2\frac{1}{2}$—3 mal mehr betrug, als in der ersten. Wurde der Obturator um $\frac{1}{4}$ der Cylinderlänge vom Munde entfernt, so blieb (wie schon erwähnt) der Grundton f^2, aber als Flageoletton erschien c^3, also nur die Quinte, nicht die Oktave. Bei tieferer Stellung des Obturators waren bei diesem Mundan-

spruch keine Flageolettöne mehr möglich, wohl aber, wenn das Instrument mit vollem Munde angeblasen wurde. Stand der Obturator in der Mitte des Cylinders, so ertönte dann, wie wir oben sahen, der Flageoletton f^3, ohne dass bei dieser Anspruchsweise der Ton des tiefern Registers möglich war, welcher aber ganz gut bei verengtem Mundanspruch erhalten wurde, und sich als e^2—es^2 herausstellte, also eine None tiefer lag. Auch hier war bei Tief- oder Hinterstellung der Obturators derselbe Flageoletton zu erhalten, wie bei Hochstellung, der also eine Oktave und eine Sexte höher lag, als der Ton des ersten Registers; ebenso wie ein $\frac{1}{2}$ – 1 Stufe höherer Flageoletton, wenn der Obturator $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ der Cylinderlänge aufwärts gerückt wurde. Ausser diesen vier Flageolettönen waren mir mit dem in Rede stehenden Windanspruch bei Vorhandensein eines Obturators keine weiteren zu erhalten möglich.

Ich nahm nun einen etwas längern, aber engern Cylinder, von 3″ 4‴ Länge und 5‴ Weite, und setzte in denselben einen Obturator, der dem vorhin gebrauchten ähnlich war, nur ein verhältnissmässig grösseres Lumen besass. Die obere Apertur dieses Cylinders war noch mehr trompetenartig ausgeschweift, als die der vorigen. Ich suchte hier zuerst das Verhältniss der bei vollem Mundanspruch erhaltenen Töne zu den mit verengtem Munde erhaltenen zu erforschen. Mit verengtem Munde und vorn stehendem Obturator erschien der Ton es^2 — e^2. Schob ich nun allmälig das Mundstück des Cylinders über die Wülste, die die überragenden Lippen bildeten, hinweg, bis es endlich im vollen Munde stand, so stieg der Ton durch alle Zwischenstufen hindurch bis g^2, wurde aber ebenso allmälig schwächer. Durch stärkeren Anspruch bei verengten Lippen entstand der Knotenton f^3—fis^3, durch noch stärkeren h^3, als dritter Knotenton. Mit vollem Mundanspruch war bei gleichbleibender Lage des Obturators der zweite Knotenton, eine None höher liegend, nur undeutlich zu erhalten; weit besser, wenn der Obturator in der Mitte des Cylinders stand, s. oben. Wurde bei verengtem Mundanspruch der Cylinder bei tieferem Stande des Obturators angeblasen, so fielen die Phänomene etwas anders aus, als bei dem vorher gebrauchten weiterem Cylinder. Stand hier der Obturator in der Mitte, so blieb der Grundton derselbe, e^2, der zweite Aliquotton genau eine Oktave höher; der dritte Aliquotton war as^3. Tiefer, $\frac{1}{4}$ der Länge vom hintern Ende abstehend, waren zwei Grundtöne möglich, es^2, und des^2, der zweite Knotenton lautete fis^3, der dritte h^3, wie wenn der Obturator vorn stand. Stand der Obturator endlich am hintern Ende des Cylinders, so war der Grundton c^2— d^2, der Aliquotton e^3. Also lagen die Töne im Cylinder folgendermaassen:

3. Knotenton	h^3		as^3	h^3		
2. Knotenton	fis^3	e^3	es^3	fis^3	e^3	
Grundton	e^2 — es^2	e^2 — es^2	e^2 — es^2	es^2 — des^2	d^2 —	c^2

Mit spaltförmiger Oeffnung versehene Obturatoren gaben im Allgemeinen dasselbe Resultat, wie Obturatoren mit cylindrischer Oeffnung.

δ. Anspruch mittels zwei oder drei Obturatoren.

Weiter machte ich den Versuch, die Mundlippenöffnung durch einen zweiten Obturator nachzuahmen. Es fanden dabei folgende Erscheinungen

statt. Wurde in die vordere und hintere Mündung der zuletzt gebrauchten Glasröhre ein Obturator von etwa 2''' Dicke und ziemlich gleichkalibrirtem Kanale von gleichfalls 2''' Weite gesteckt, und dieser Apparat mit vollem Munde angeblasen, so erschien der Grundton e^2, bei stärkerem Anspruch der Knotenton fis^3. Durch weiteres Vorwärtsschieben des untern Obturators erhöhte sich der Grundton (bei abnehmender Intensität) allmälig bis auf fis^2, aber nicht weiter, auch wenn die gegenseitige Annäherung bis auf 7''' getrieben wurde. Der Knotenton erhöhte sich jedoch niemals. Standen dagegen beide Obturatoren mehr in der Mitte, so war bei gegenseitiger Annäherung derselben eine weitere Tonerhöhung bis auf h^2 — c^3 möglich. Waren sie in der Mitte des Cylinders bis auf 2''' genähert, so ertönte ein sehr intensiver Knotenton f^3, ebenso wie bei einfachem Obturator. Wurden sie aber einander bis zur Berührung genähert, so verstummte dieser Ton plötzlich. — Ich versuchte nun die dickere, kürzere Glasröhre. Wenn beide Obturatoren derselben eine Dicke von etwa 4''' hatten, so gelang nur dann ein Ton (f^3), wenn sie einander bis auf 4 — 5''' nahe gerückt waren und sich in der untern Hälfte des Cylinders befanden, doch so, dass der untere noch 3 — 4''' von der untern Cylinderöffnung entfernt stand. War dagegen der vordere Obturator nur $1\frac{1}{3}$''' dick und sein Loch oben enger, als unten, so ergaben sich folgende Verhältnisse. Stand der dickere Obturator in der Mitte, und der dünnere etwa 4 — 5''' vom Mundende des Cylinders entfernt, so dass zwischen beiden ein 6 — 7''' langer freier Raum blieb, so tönte der Ton b^2, der auch noch blieb, wenn der vordere Obturator bei unveränderter Lage des zweiten diesem auf 4 — 5''' genähert wurde. Sobald er aber nur noch 1''' tiefer gerückt wurde, sprang der Ton sofort in f^3 um, das sich bei noch stärkerer Herabschiebung (bis auf 3''' Abstand vom zweiten Obturator) auf fis^3 und bei stärkerem Blasen auf a^3 erhöhte. Bei noch engerem Zusammenschieben fand keine Tonbildung mehr Statt. Standen diese beiden Obturatoren, wie die beiden vorigen, so entstand derselbe Ton, f^3. Ebenso, aber noch stärker, wenn der Obturator von Nr. 5 im ersten Viertel, der dünnere in der Mitte stand, bei $\frac{1}{2}$''' Abstand von einander; oder wenn dieselben Obturatoren in der untern Hälfte des Cylinders in oben angegebener Weise (bei 3''' Abstand) angebracht waren. Drehte ich das Instrument um, so dass das hintere Ende des Cylinders in den Mund genommen wurde, so erklang derselbe Ton, aber schwächer. Auch blieb es sich hier gleich, ob bei beiden Anspruchsrichtungen der dünnere Obturator vorn oder hinten stand.

Nahm ich zwei Obturatoren von gleicher, geringerer Dicke (2'''), deren Löcher so ziemlich gleich gebohrt waren, so konnte die Stellung derselben im Cylinder eine beliebigere sein. In einem Falle, wo beide etwa 5 — 6''' von einander abstanden, ergab sich bei schwachem Blasen der Ton h^3, bei stärkerem dessen Quinte fis^3. Bei $3\frac{1}{2}$''' Abstand, wenn beide in ziemlicher Nähe der vordern Mündung standen, war nur der Ton f^3 zu erhalten, welcher bei Umkehrung des Instruments nur unvollkommen auftrat, sofort aber wieder gut ansprach, wenn bei dieser Lage die Luft eingezogen wurde. In einem andern Falle, wo des vordern Obturators Kanal nach vorn zu etwas dilatirt war, dieser ziemlich in der Mitte und vom hintern 5''' ab stand, tönten bei schwachem Blasen a^2, bei stärkerem die Oktave a^3, ziemlich klangvoll. Wurde dieser vordere Obturator dem hintern etwa 1''' näher gerückt, so änderte sich der erstere Ton in h^2, während der zweite Knoten-

ton a^3 blieb, also eine Septime vom ersten entfernt lag. Und so wurden durch fernere Modifikation der gegenseitigen Obturatorstellung noch verschiedene, doch im Allgemeinen den angeführten analoge Resultate erhalten, z. B. die Töne e^3 und a^3, wenn beide Obturatoren in der vordern Hälfte 4‴ von einander standen, und das Loch des vordern nach vorn dilatirt war.

Wurden 2 Obturatoren (von 1½‴ Dicke) mit spaltförmigen Oeffnungen angewandt, so fanden folgende Phänomene Statt.

Wenn an der vordern und hintern Oeffnung ein solcher Obturator stand, so wurde der Ton (durch den zweiten) um eine kleine Tertie tiefer: d. h. nach Herausnahme des einen (vordern oder hintern) Obturators fiel der Grundton fis^2 auf dis^2. Dabei war es gleichgültig, ob die beiden Spalten einander parallel gegenüberstanden, oder ob sie sich kreuzten. Wurde der vordere Obturator allmälig bis in die Mitte gerückt, so stieg der Ton ebenso allmälig wieder bis auf fis^2. Weites Herabschieben desselben Obturators bewirkte keine weitere Erhöhung, wohl aber ein starkes Undeutlichwerden des gedachten Tones. Wurden beide Obturatoren in die Mitte geschoben, so dass zwischen beiden noch ein Zwischenraum von etwa 1‴ blieb, so ertönte der Knotenton e^3—f^3, welcher Ton noch blieb, und zwar ziemlich klangvoll, wenn beide Obturatoren bis zur Berührung gebracht wurden. In diesem Falle verhielt es sich also anders, als bei den vorigen Versuchen, wo bei gleichen Verhältnissen der Ton verstummte. Stand der eine in der Mitte, der andere vorn, so erschien wieder fis^2—g^2, welcher Ton ebenfalls blieb, wenn der hintere dem vordern allmälig immer mehr genähert wurde, bis beide etwa 1—2‴ von einander standen, wo der Ton f^2 wurde, welcher auch blieb, wenn beide Obturatoren sich hier (am vordern Ende) völlig berührten. Standen beide Obturatoren im mittlern Dritttheil des Cylinders, und wurden sie hier allmälig einander bis auf etwa 4‴ genähert, so stieg der Ton von fis^2 bis auf h^2. Bei noch engerer Annäherung erschien der Knotenton, s. oben.

Wurde diesen Obturatoren noch ein dritter hinzugefügt, so war gleichfalls Tonbildung möglich, die gegenseitigen Abstände betrugen 3 und 4‴. Doch waren die hier erhaltenen Töne minder rein und klangvoll, als die vorigen. Die Oktavenbildung wollte hier anfangs nicht gelingen: in einem Falle erschien bei stärkerem Anspruch die Sexte des Grundtons, welcher a^2 war. Später erhielt ich jedoch auch die Oktave ziemlich rein. Auch hier war es für die Ton- oder vielmehr Klangbildung von Vortheil, wenn ein nach vorn etwas dilatirter Obturator vorlag.

Endlich wurde noch versucht, den dritten Obturatur durch die verengte Mundöffnung zu ersetzen. Bei der Vorrichtung, wo beide Obturatoren (von 2‴ Dicke) in der vordern Hälfte des Cylinders 4‴ von einander entfernt standen und die Töne e^3 und a^3 gaben, erschien, wenn der Anspruch nicht mit vollem, sondern mit verengtem Munde stattfand, der Ton e^2, also genau eine Oktave tiefer als vorher. Die Mundöffnung stand hier auch etwa 4‴ vom vordern Obturator ab. Bei tieferer Stellung der Obturatoren (ziemlich im Mittelraume des Cylinders) erklangen mit vollem Mundanspruch die Töne h^2 und g^3, mit verengtem h^1. Wurden sie noch tiefer (in die untere Hälfte des Cylinders) gerückt, so erschien bei vollem Mundanspruch je nach der Stärke der Luftgebung a^2, d^3 und fis^3, bei verengtem Munde b^1 oder a^1, also stets die Unteroktave des respektiven Grundtons. Uebrigens

bemerken wir hierbei kaum einen Unterschied von den Phänomenen, welche bei Anwendung des einzelnen Obturators bei sonst gleichen Verhältnissen beobachtet wurden.

Man sieht, dass diese Versuche sich wiederum den bereits früher betrachteten (B. Nr. 5) anschliessen, dass wir es also hier nicht mehr mit reinen Cylindertönen, sondern auch mit Windkesseltönen zu thun haben. Aber es sind Windkesseltöne in Cylinder gefasst und gehorchen daher, wie eine einfache Vergleichung dieser Versuche mit den frühern zeigt, andern Gesetzen, als die einfachen oder isolirten Windkesseltöne. Diese Gesetze, so wie die der gefassten Lochtöne überhaupt, müssen wir jetzt näher untersuchen.

Theorie der gefassten Lochtöne.

Die einer zu konstruirenden Theorie der gefassten Lochtöne zu Grunde liegenden Elemente lassen sich den vorstehenden Versuchen zufolge etwa in folgender Weise zusammenfassen.

1) Die gefassten Lochtöne stimmen mit den Cylinderpfeiftönen (zunächst mit den gedackten) darin überein, dass ihre Schwingungszahl von der Länge der tönenden Luftsäule bestimmt wird, dass also der Ton durch Verkürzen des Cylinders erhöht, durch Verlängern desselben vertieft wird; ferner, dass Konvergenz des Cylinders den Ton vertieft, Divergenz ihn erhöht, dass koncentrirterer Anspruch Knotentöne erzeugt, die gewöhnlich eine Oktave höher liegen u. s. w.

2) Im Allgemeinen ist es für den Tonwerth der in Rede stehenden Schallphänomene gleich, ob die konsonirende, die Schwingungszahl bestimmende Luftsäule vor oder hinter dem mit dem Loche oder Kanale versehenen Obturator oder dessen Stellvertreter liegt, ob also der Cylinder als Wind- oder als Ansatzrohr fungirt.

3) Ein an dem einen Ende obturirter Cylinder giebt, wenn er am entgegengesetzten Ende mit vollem Munde angeblasen wird, nur dann einen Ton, sobald der Obturatorkanal konisch ist und dessen engere Mündung dem Luftstrome zugekehrt liegt, oder auch, wenn dieser Kanal in der Mitte enger ist und nach beiden Ausgängen zu sich erweitert. Befindet sich dagegen der Obturator am vordern Ende des Cylinders, das in den Mund genommen wird, so gelingt auch bei gleichkalibrirtem Kanale ein deutlicher, reiner, obwohl ziemlich schwacher Ton.

4) Dieser Ton, der als Grundton anzusehen ist, wird bei Gegenwart eines einzigen Obturators als tonbildenden Elements um einige Stufen erhöht, wenn er von der (vordern oder hintern) Mündung des Cylinders ab gegen die Mitte desselben hingeschoben wird, wobei er sein Timbre nicht verändert. Sobald der Obturator aber gerade in der Mitte steht, entsteht die Oktave des Grundtons mit anderem, besserem, klangvollerem Timbre.

5) Um diesen Knotenton zu erzeugen, darf der Cylinder nicht zu kurz sein, d. h. seine Länge darf nicht unter das 4 – 5fache der Länge des Obturators sinken.

6) Die Stelle des in den Cylinder geschobenen Obturators kann vertreten werden: a) dadurch, dass ein anfangs weiter Cylinder, der sich stark konvergirend in einen weit engern Cylinder verlängert, mit diesem engern Ende in einen andern kurzen Cylinder von weiterem Kaliber gesteckt und an der weiten Mündung mit vollem Munde angeblasen wird; b) dadurch.

dass der Cylinder an dem einen Ende mit verengtem Munde angeblasen wird, wobei die bis auf einen kurzen Kanal, der enger ist als das Cylinderlumen, geschlossenen Lippen des Mundes den Obturator repräsentiren. Die Phänomene sind bei dieser Methode im Allgemeinen dieselben, wie beim künstlichen Obturator, nur dass die Töne nicht die Modifikationen erleiden können, welche die Verschiebungen des letztern gestatten.

7) Sobald aber neben dem Anspruch mit verengerter Mundöffnung noch ein künstlicher mehr oder weniger von ersterer abstehender Obturator in Wirksamkeit tritt, da lassen sich einige neue Phänomene wahrnehmen. Durch allmäliges Abrücken des Obturators vom Mundende wird hier der Ton nicht erhöht, wie bei Nr. 4, sondern vertieft, und zwar lässt sich dieser Prozess bis zum hintern Ende des Cylinders fortsetzen. Die Knotentöne (Oktave des Grundtons) erscheinen hier minder gut bei Stellung des Obturators in der Mitte (Nr. 4), als wenn er am (vordern oder hintern) Ende sich befindet. Ausserdem war hier noch bei dickern Cylindern bei $1/4$ Cylinderlänge betragendem Abstand des Obturators vom vordern Ende die Quinte des Grundtons, so wie bei $1/8$ Abstand vom hintern Ende die None oder Decime des Grundtons zu erhalten.

8) Befinden sich zwei Obturatoren im Cylinder, so sind durch Anblasen des einen Endes desselben (mit vollem Munde) je nach der Beschaffenheit der Obturatoren entweder dann Töne zu erhalten, wenn der Obturator an oder in der Nähe der vordern, der andere an der hintern Mündung steht, oder nur dann, wenn der eine in oder in der Nähe der Mitte, der andere zwischen dieser Stelle und dem einen oder andern Ausgang des Cylinders steht. Bei einem Cylinder von $2\frac{1}{2}$—3″ Länge kann dieser Abstand beider Obturatoren von einander 3—7‴ betragen. Die Dicke (Länge) der Obturatoren hat einigen Einfluss auf die Stellung, welche dieselben im Cylinder (gleichviel ob in der vordern oder hintern Hälfte desselben) einnehmen müssen, damit die Tonbildung überhaupt stattfinde. Im Allgemeinen liegen die hier zu erhaltenden Grundtöne einige Stufen höher, als bei Anwendung nur eines Obturators. Der Ton erhöht sich durch Verkürzung des gegenseitigen Abstands beider Obturatoren, wenigstens der Grundton. Durch Koncentrirung des Anspruchs sind Knotentöne zu erhalten, die in der Regel in der Oktave des Grundtons, zuweilen aber auch nur eine Quinte, Sexte oder Septime, höher liegen als der Letztere. Stehen beide Obturatoren völlig zusammengeschoben in der Mitte des Cylinders, so hört alle Tonbildung auf; nur wenn die Oeffnungen derselben spaltförmig sind, gelingt hier ein Ton.

9) Zufügung eines dritten Obturators ändert die akustischen Verhältnisse, wie sie bei zwei Obturatoren stattfinden, im Wesentlichen nicht ab. Ebenso sind die Phänomene, welche bei zwei Obturatoren und Anspruch mit verengter Lippenöffnung stattfinden, nicht wesentlich abweichend von den die bei gleichem Anspruch mit nur einem Obturator erhalten wurden.

Nachdem wir so die wesentlichen Elemente der Bildung der gefassten Lochtöne vorgeführt haben, werden wir uns vor der Hand wenigstens folgende Fragen zur Beantwortung vorlegen müssen:

1) Wo findet die Bildung dieser Töne statt?

2) Wodurch wird ihre Schwingungszahl, so wie ihre übrigen wesentlichen Eigenschaften bestimmt?

3) Warum erzeugen scheinbar dieselben Momente in den einen Fällen Erhöhung, in den andern Vertiefung des Tons?

Die Bildung der gefassten Lochtöne findet, wo Apparate mit nur einem Obturator mit vollem Munde intonirt werden, oder bei den auf offenen Cylindern durch verengten Mundanspruch erhaltenen Tönen, im Loche oder Kanale des Obturators oder Mundes selbst statt. Wir haben hier einen Windkessel oder ein Windrohr, und ein unmittelbar oder ohne Unterbrechung daran stossendes Ansatzrohr, deren Lumen an der Verbindungsstelle durch den eingeschobenen, mit dem Loche oder Kanale versehenen Obturator oder die dessen Stelle vertretenden bis auf eine verhältnissmässig enge Oeffnung kontrahirten Mundlippen eingeengt wird. Den Windkessel stellt die Mundhöhle vor; in den Fällen, wo der Obturator vom vordern Ende des Cylinders ab gegen dessen Mitte oder noch weiter geschoben ist, verlängert sich der Windkessel durch das vor dem Obturator liegende Cylinderstück zu einem Windrohr. Der Obturator, d. h. der mehr oder weniger dicke, scheiben- bis kurzcylinderförmige, in der Mitte von einer loch- oder kanalförmigen Oeffnung (deren Durchmesser etwa den vierten oder dritten Theil des Durchmessers des Obturators selbst beträgt) durchbohrte Pfropfen giebt für sich angeblasen keinen Ton. In allen Fällen ist das Vorliegen eines Windkessels oder Windrohrs, d. h. eines Luftreservoirs, dessen Querdurchmesser den des Obturators um ein Bedeutendes übertrifft, zur Tonbildung wesentlich, bei gleichkalibrirtem Obturatorkanale auch die Gegenwart eines Ansatzrohrs von ähnlichem Durchmesser, wie das Windrohr.

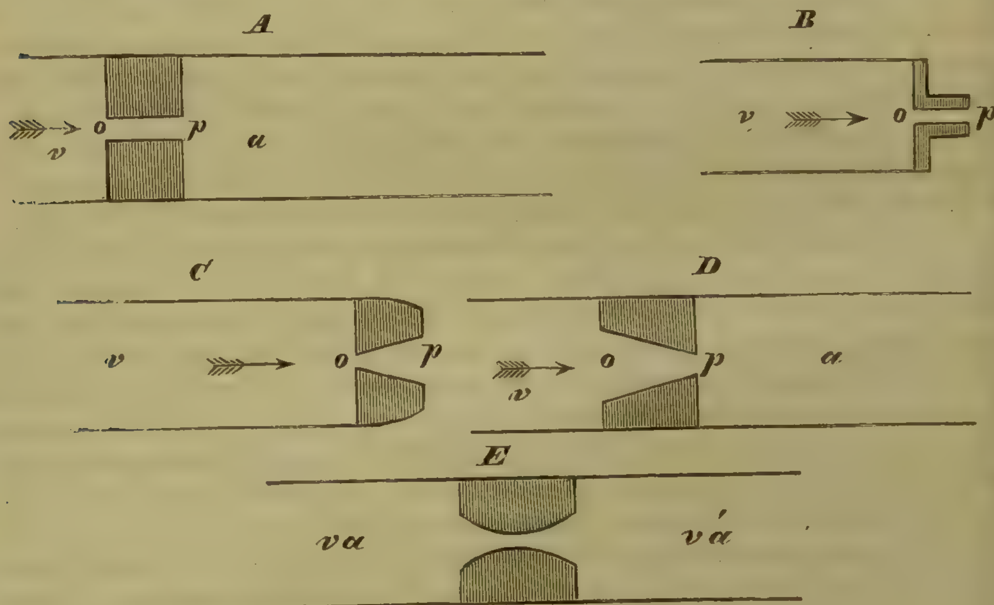


Fig. 98.

Diese Figuren stellen Durchschnitte von Cylindern mit ihren Obturatoren vor. In Fig. *A* — *D* bedeutet *v* das Windrohr oder den Windkessel (Mundhöhle), *a* das Ansatzrohr, *o p* den Obturatorkanal, das Pfeil zeigt die Windrichtung an. In Fig. *E* kann sowohl *v a* als *v a'* ebenso gut als Windrohr, als als Ansatzrohr fungiren.

Warum entsteht nun, laut unserer Versuche, nur bei Fig. *A C* und *E* ein Ton, bei Fig. *B* und *D* nicht? Auf diese Frage vermögen wir leider noch nicht mit mathematischer Bestimmtheit zu antworten, da es noch an Versuchen über die Veränderungen fehlt, welche eine Luftmasse erleidet.

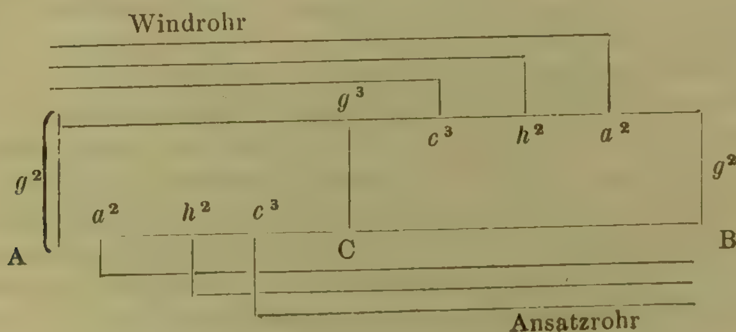
wenn sie durch enge Ausflussmündungen in weitere Räume strömt. Vielleicht findet sich aber ein oder der andere Physiker von Profession durch die folgende Hypothese bewogen, das, was in dieser Hinsicht noch fehlt, durch exakte Versuche zu ergänzen.

Wenn, wie in Fig. *A*, eine in einem verhältnissmässig weitem Raume befindliche Luftmasse plötzlich genöthigt wird, unter einem mässigen Drucke von wenig Atmosphären durch einen kurzen Kanal zu strömen, dessen Lumen viel kleiner ist, als der Durchmesser des von ihm liegenden Raumes, so wird bei diesem Durchgange die Bewegung der Luft nicht nur beschleunigt, sondern auch die Luftmasse selbst komprimirt. Vielleicht findet dabei auch eine Drehung, jedenfalls eine solche Molekularbewegung in dieser Luftsäule statt, die von der geradlinigten Bewegung der einzelnen Theilchen abweicht. Strömt nun nach Passirung dieses Kanals die Luft in den begrenzten, cylindrischen, mit unbewegter und nicht verdichteter Luft gefüllten Raum a, so wird ein Theil jenes kondensirten Stroms, seines Seitendruckes beraubt, sich bald umbeugen, von den Wänden des Cylinders reflektirt werden, und so verdünnte Luftwellen wieder in den andern Theil der Einströmung, die in gerader Linie fortgeht und immer noch komprimirt genug ist, gerathen und so ein Interferenzphänomen erzeugen, wobei eine abwechselnde Verdünnung und (Wieder-) Verdichtung stattfindet, also die Bedingungen zur Tonwellenbildung erfüllen, welche in einiger Entfernung von *p* in der Fortsetzung des Kanals des Obturators stattzufinden scheint. Strömt dagegen die Luft nach ihrem Durchgange durch *op* in einen freien, unbegränzten Raum (Fig. *B*), so zerstreut sich dieselbe hier, ohne irgend ein Hinderniss zu finden, es interferiren keine reflektirten Luftmassen mit den des geradlinig fortschreitenden Stromes, und es ist kein Grund zu irgend einer Tonwellenbildung vorhanden. Anders verhält es sich in Fig. *C*, wo zwar auch der Obturatorkanal ins Freie sich öffnet, aber sich nach aussen erweitert. Hier ist die Einengung und Beschleunigung der Luftsäule nur eine momentane, mit der Erweiterung des Kanals *o p* dehnt sich die Luft auch wieder zum Theil aus, stösst an die Wandung dieses Kanals, wird von derselben wieder zurückgebrochen, so dass innerhalb des Kanals verdichtete und verdünnte Lufttheile in einer zur Tonwellenbildung hinreichenden Weise gegen einander gestossen werden. Umgekehrt, wenn (Fig. *D*) die Windrohrluft sich durch einen anfangs weiteren, sich aber immer mehr verengernden, endlich plötzlich in das weite Ansatzrohr oder in die freie Atmosphäre ausmündenden Obturatorkanal drängt, da mag wohl in und kurz hinter dieser engen Ausmündung eine Zusammenziehung und Verdichtung des Luftstroms in gewissem Maasse stattfinden, aber keine Interferenz mit reflektirten dünnern Lufttheilchen, weil wegen der Schnelligkeit, mit welcher der zusammengedrängte Luftstrom sich seitwärts diffundirt, die reflektirten Luftwellen in den Mittelstrom anlangen, nachdem bereits diese Diffusion oder Verdünnung stattgefunden hat. In Fig. *E* endlich sind die tonerregenden Bedingungen in gleichem Maase, vielleicht noch ergiebiger, vorhanden, wie in Fig. *C*.

Alle diese, so wie die übrigen Obturatortöne erscheinen aber, wie wir wissen, unter keiner andern Bedingung, als wenn eine in longitudinale Schwingungen versetzbare Luftsäule vor oder hinter dem Obturator liegt. Bis jetzt wenigstens habe ich noch keinen Obturator zu konstruiren vermocht, welcher zwischen die Lippen gebracht, in der Weise, wie es letztere selbst vermögen, durch den blossen Anspruch der Mundhöhlenluftmasse Töne ge-

geben hätte. Wir wissen ferner, dass die mittels der Obturatoren erhaltenen Töne ihrer Höhe nach im Allgemeinen, d. h. wofern nicht andere modificirende Motive hinzutreten, mit den auf denselben Cylindern durch andere Anspruchsweisen erhaltenen Tönen übereinstimmen. Daraus folgt, dass es zur Tonbildung nicht hinreicht, wenn verdichtete Lufttheilchen mit verdünnten an einer und derselben Stelle in regelmässiger Sukzession einander treffen oder stossen, sondern es muss nun auch ein Raum vorhanden sein, welcher die zur Tonwellenbildung nöthigen Eigenschaften besitzt, d. h. welcher so beschaffen ist, dass die von ihm umschlossene Luftsäule durch jenen primären Stossprocess in longitudinale Wellenbewegung versetzt werden kann. Diese Beschaffenheit hat aber die blosse Mundhöhle nicht, sondern es ist immer erforderlich, dass dieselbe durch einen aus mehr oder weniger starren, homogen ausgedehnten, in sich zurücklaufenden Wänden gebildeten Kanal, der am besten ein cylindrischer ist, verlängert werde. Dennoch aber ist es nöthig, dass der Rauminhalt der Mundhöhle mit dem des an dieselbe gesetzten Kanals wenigstens in den Fällen in geradem Verhältniss stehe, in welchen derselbe als Ansatzrohr fungirt.

Von jener Stelle aus, wo die Grundbedingung zur Tonwellenbildung, die Sukzession der Luftverdichtungen und Verdünnungen, statttindet, kann eine Luftsäule ebensogut nach vorn als nach hinten in tonfähige Schwingungen oder in Wellenbewegung versetzt werden. Denn die Wellenbewegung ist, wie bekannt, von der Massenbewegung des Mediums, in dem sie stattfindet, unabhängig, und kann ihr geradezu entgegengesetzt sein. So ist der Ton, welcher in Fig. 98 *C* wahrgenommen wird, ein Windrohrton, denn ein Ansatzrohr ist hier gar nicht vorhanden. Der Ton in Fig. *A* ist ein Ansatzrohrton; der in Fig. *E*, wo der Obturator in der Mitte des Cylinders steht, könnte ebenso gut als Wind , wie als Ansatzrohrton angesehen werden. Immer wird aber in Fällen, wo nach zwei verschiedenen Richtungen Tonwellenbildung möglich ist, nur Ein Ton auf einmal gehört. Diese Ortsbestimmung für die Wellenbildung scheint nach folgenden Gesetzen vor sich zu gehen. 1) Liegt der Obturator in der Mitte des Cylinders, so findet sowohl in der vor, als auch in der hinter dem Obturator befindlichen Hälfte des Cylinders Tonwellenbildung statt: beide Töne summiren sich zu Einem, was schon dadurch wahrscheinlich wird, dass dieser Ton ungleich stärker ist, als die bei anderen Obturatorstellungen vorkommenden. 2) Liegt der Obturator zwischen der Mitte und dem vordern oder hintern Ende des Cylinders, so geräth diejenige Abtheilung desselben in Tonwellen, welche die längere ist. Demzufolge wird der Cylinder bald als Wind- bald als Ansatzrohr tongebend fungiren müssen, je nachdem der Obturator vor oder hinter der Mitte des Cylinders steht. Vergl. β. Versuch 7. Hier liegen die Töne in folgender Ordnung:



Liegt der Obturator zwischen A und C, so fungirt der Cylinder, wie hier deutlich genug gezeichnet ist, als Ansatzrohr; liegt er zwischen C und B, so fungirt er als Windrohr. Liegt er in C selbst, so fungirt die Hälfte A C als Windrohr, die Hälfte CB als Ansatzrohr gleichzeitig, der Ton erlangt daher die doppelte Intensität und Grösse. 3) Die kürzere Abtheilung des Cylinders ist aber in solchen Fällen auch nicht müssig, sie wirkt als Konsonanz-Apparat und hilft als solcher wenigstens die Grösse des Tons vermehren.

Beim Einziehen der Luft treten keine neuen Gesetze in Wirksamkeit. War in Fig. 98 *B* oder *D* bei der durch das Pfeil angegebenen Windrichtung kein Ton möglich, so wird er es, wenn dieselbe umgekehrt, wenn also die Luft eingezogen wird. Und so in allen ähnlichen Fällen.

Wird der Obturator durch die bis auf eine Oeffnung, welche kleiner ist, als das Lumen des Cylinders, zusammengezogenen Mundlippen, den des letzteren Mündung angedrückt wird, ersetzt, so ändern sich die Phänomene nur in soweit, als das Verhältniss der Weite dieser Mundöffnung zu der des Cylinders verändert wird, welchen Einfluss wir bereits bei den Kesselpfeifen kennen gelernt haben. Im Allgemeinen geschieht also hier die Tonbildung ebenso, wie bei den künstlichen Obturatoren. Dass die hier erhaltenen Töne in der Regel voller und schöner, auch wohl caeteris paribus etwas tiefer ausfallen, als bei Anwendung künstlicher Obturatoren, hat jedenfalls darin seinen Grund, 1) weil die Lippen, als Wandung des Obturatorkanals ein nachgiebiges, weicheres Material darbieten, als das des künstlichen Obturators, und demzufolge eine Vertiefung des Tones herbeiführen müssen, 2) weil die Mundöffnung vermöge der jeder Willensintention gehorchenden Muskeln der Lippen jede beliebige, also auch immer die für den geforderten Ton zweckmässigste Weite annehmen kann, was bei den künstlichen Obturatoren ohne grosse Schwierigkeiten nicht ausführbar ist. Vergleicht man die Grösse der Mundöffnung bei diesen Tonphänomenen mit der Grösse der Cylinderöffnung, welche beobachtet wird, wenn dieselben Apparate mit schrägem Kantenpfeifanspruch (nach Art der Panpfeife u. dgl,) intonirt werden, so ergiebt sich eine auffallende Analogie. Auch bei letzterer Anspruchsweise fällt der Ton höher aus, wenn von der Cylindermündung ein grösseres Segment unbedeckt bleibt, als wenn letzteres kleiner gemacht wird.

Schwieriger ist die Deutung der bei gleichzeitiger Verwendung beider bisher erwähnten Momente entstehenden Tonphänomene, wie sie unter γ. aufgeführt worden sind. Nach meiner Ansicht geschieht hier die Tonbildung beim Ausblasen mittels der Lippenöffnung, während der Obturator nur als partielles Dackungsorgan fungirt, und als solches eine Vertiefung des Grundtons zur Folge haben muss; beim Einziehen der Luft wird der Ton durch den Obturator gebildet und die Lippenöffnung wirkt dackend und den Ton vertiefend. Die meiste Analogie unter den bisher bekannten Tonorganen mit den hier in Rede stehenden haben die sogenannten Rohrflöten der Orgel. Es bestehen diese aus einer gedackten Pfeife, in deren Deckel ein kleines rundes Loch, das in eine kurze offene Röhre ausgezogen ist, angebracht ist. Die Tonhöhe dieser Pfeifen steht in der Mitte zwischen der der ganz gedackten und der am obern Ende ganz offenen*). Bei unsern Versuchen fand, wenn der Obturator am hintern Ende (der obern Oeffnung der Orgelpfeife entsprechend) stand, eine Vertiefung in einem Falle von einer Tertie,

*) Biot, Lehrbuch der Physik, II. S. 97. Taf. VI. Fig. 40.

in einem andern von einer Quinte oder gar Sexte statt*), welche Resultate also wohl mit der Wirkung der partiellen Dackung der Orgelpfeifen verglichen werden können. Ausser dieser Vertiefung hat diese theilweise Dakkung innerhalb des Cylinders auch eine Abschwächung des Tons zur Folge, welche in der Regel so bedeutend ist, dass jene Tonvertiefung wohl auch durch die Abnahme an Tension der eingeblasenen Luft erklärt werden könnte, zumal da sich der vertiefende Einfluss auf die Knotentöne gar nicht erstreckt: der Knotenton bei hinterem Stande des Obturators ist im Allgemeinen von gleicher Höhe, wie der bei vorderem Stande. Jedenfalls geräth bei allen den hierher gehörigen Tönen die ganze Luftsäule des Cylinders in Tonschwingungen: es durchläuft beim Grundton eine, beim 2. Knotenton durchlaufen zwei Wellen den Cylinder, welche Wellen durch die Gegenwart des Obturators nicht unterbrochen oder vervielfältigt werden. Aber sie werden durch den Obturator verschmälert: es geschieht eine Aliquottheilung der Luftsäule der Breite nach, was je nach der Stelle der Welle den Ton etwas vertieft und abschwächt. Bis zur Knotenfläche (Mitte des Cylinders beim Grundton) hat der Obturator auf die Tonsabtufung keinen erheblichen Einfluss, wohl aber von dieser Stelle an bis zur hintern Apertur. Die Welle (des Grundtons) erscheint jetzt verhältnissmässig (für das Lumen des Cylinders) länger und macht deshalb auch eine geringere Anzahl von Schwingungen.

Wenn dagegen zwei Obturatoren sich im Cylinder befinden, und derselbe mit vollem Munde intonirt wird, so üben dieselben auf die Bewegung der Luftmoleküle einen um so mehr beschleunigenden und demnach tonerhöhenden Einfluss aus, je näher dieselben der Knotenfläche des Cylinderraumes liegen. Nur die hohen Knotentöne bleiben bei Anwesenheit der Obturatoren so ziemlich ungestört, während die Töne des tiefen Registers durch allmäliges Gegeneinanderrücken der Obturatoren erhöht werden, und zwar verhältnissmässig mehr, als bei einem einzigen Obturator möglich ist. Auffallend ist dabei, dass die Tonbildung hier begünstigt wird, wenn der vordere, also der muthmaasslich zunächst den Ton erzeugende Obturator nach vorn zu dilatirt ist. Ferner lässt sich erkennen, dass nicht nur die zwischen beiden Obturatoren eingeschlossene Portion der Luftsäule, sondern auch die hinter dem hintern Obturator befindliche bis zum hintern Ende des Cylinders in Tonschwingung geräth, ja dass auch die vor dem vordern Obturator liegende Luftsäule Antheil an letzterer nimmt; denn wenn der hintere Obturator am hintern Ende eines Cylinders von 40‴ Länge, der sonst den Grundton e^2 gab, und der vordere nur 7‴ vor demselben stand, so wurde der Grundton nur um eine volle Stufe erhöht. Dagegen, wenn beide Obturatoren in der Nähe der Mitte des Cylinders sich befanden, wurde der Ton bei gegenseitiger Annäherung bis auf die Sexte des Grundtons erhöht. Jedenfalls erhält die zwischen den Obturatoren eingeschlossene Luftsäule je

*) So gab, um diesen vergleichenden Versuch hier nachzuholen, die längere, engere Glasröhre, wenn der (mit ziemlich weitem Loche versehene) Obturator am hintern Ende stand, mit vollem Mundanspruch die Töne g^2 und g^3, mit verengtem die Töne c^2 und c^3, die also eine Quinte und eine Tertie tiefer lagen. Beiderlei Töne waren, obwohl schwierig, auch beim Einziehen der Luft zu erhalten. Stand der Obturator vorn, so waren diese Töne g^2 und es^2, die Knotentöne 1 None höher. Stand er in der Mitte, so war bei vollem Munde der Knotenton g^3, bei verengtem e^3 (Grundton e^2).

nach der Stellung, die sie zu den übrigen Abtheilungen des Cylinders einnimmt, eine verschiedene Bewegung, welche in der Mitte desselben am meisten, gegen das hintere Ende zu am wenigsten beschleunigt zu werden scheint. Wird aber dieser Zwischenraum durch völliges Gegeneinanderschieben der beiden Obturatoren aufgehoben, so verstummt der Ton ganz und gar, weil jetzt aus beiden Obturatoren einer geworden ist, der die Bedingungen zur Tonbildung in seinem Kanale nicht mehr enthält. Nur wenn die beiden Oeffnungen spaltförmig waren, gelang noch ein Ton, wahrscheinlich weil hier die beiden Obturatoren zusammen die Dicke von 3‴ nicht überschritten, und weil ein Spalt überhaupt zur Tonbildung günstigere Verhältnisse darbietet, als ein einen kreisförmigen Durchschnitt gebender Kanal.

II. Ueber die Solidartöne, zunächst elastischer Bänder oder Zungen.

Im vorigen Abschnitt haben wir die Erscheinungen und Gesetze der Töne besprochen, welche durch eigenthümliche Bewegungen der Theilchen eines Luftstroms entstehen, wenn derselbe durch feste Körper, die er in seinem Laufe antrifft, in seiner gleichmässigen Bewegung auf bestimmte Weise gestört wird. Diese Töne nannten wir daher mit vollem Rechte Lufttöne, weil die Luft dabei das primär tonerregende Material darbot. Die dabei mitwirkenden festen Körper verhielten sich, was die Tonerzeugung anlangt, durchaus passiv, d. h. sie geriethen in keine Schwingungen, welche mit den wahrzunehmenden Tonphänomenen in irgend einem ursächlichen Verhältniss standen; doch waren sie zur Tonbildung insofern unumgänglich nöthig, als sie eben durch ihre Unbeweglichkeit und Starrheit das Mittel zur Brechung und Zurückwerfung der auf sie auffallenden Luftströme darstellten. Bei den Phänomenen dagegen, welche wir in gegenwärtigem Abschnitte untersuchen wollen, findet so ziemlich das Umgekehrte statt. Hier haben wir es zwar auch mit einem Luftstrom, und einem oder zwei festen, durch Spannung elastischen Körpern, als rohem, ursprünglichem Tonmateriale, zu thun: allein diese beiden Körper haben ihre Rollen gewechselt, der Luftstrom ist das primär Bewegende, der feste Körper das primär Bewegte, in tonfähige Schwingungen Versetzte. Allerdings wird der gegen den festen Körper bewegte Luftstrom oder überhaupt die unmittelbar um den festen Körper liegenden Luftschichten durch letztern auch von seiner gleichförmigen oder geradlinigen Bewegung abgelenkt, und jedenfalls durch die Schwingungen, die der feste Körper macht, in Mitschwingungen versetzt, aber diese spielen immer eine untergeordnete, wenn auch nicht unwesentliche Rolle, und haben durchaus nicht die grosse Bedeutung, welche W. Weber*) ihnen beilegt.

Die Untersuchungen, welche uns jetzt beschäftigen sollen, erstrecken sich zunächst auf die membranösen Zungen, deren Kenntniss natürlich der Physiologie des menschlichen Stimmapparats vorausgehen muss, weil die wesentlichen tongebenden Organe des letztern auch durch elastische Bänder dargestellt werden. Wer es für nöthig erachtet, diesen Untersuchungen die Kenntniss der Erscheinungen und Gesetze der starren elastischen Zungen vorausgehen zu lassen, der findet darüber das Nöthigste und Wissenswertheste im 2. Bande von J. Müller's Handbuche der Physiologie und in

*) Poggendorf's Annalen XVI, 421.

Bindseil's Akustik §. 27. S. 437—498; auch in den neueren Lehrbüchern der Physik (von Eisenlohr, Baumgärtner, Pouillet-Müller u. A.) wird man darüber manche Aufklärungen finden.

Unter einer Zunge versteht man im akustischen Sinne einen vorwiegend der Länge, weniger der Breite und am wenigsten der Dicke nach ausgedehnten, kurz: einen band-, streif- oder plattenartigen Körper, der entweder nur biegsam-, oder zugleich auch dehnbar elastisch ist. Als Beispiel der ersten Art nennen wir verschiedene Metalle und Holzarten, Leder, Gutta-Percha, welche, als Bänder oder Streifen zugerichtet und an einem Ende festgehalten, wohl eine seitliche Ablenkung aus ihrem Gleichgewichtszustand gestatten, sich aber nicht in die Länge ziehen lassen. Ein Beispiel der zweiten Art giebt das Kautschuk und das elastische Gewebe des thierischen und menschlichen Organismus: Bänder aus diesem Material lassen sich sowohl seitlich biegen und krümmen, als auch in die Länge ziehen. Da nun, wie wir wissen, die Stimmbänder des Kehlkopfs, die wichtigsten tonbildenden Organe des Menschen, zu dieser Klasse von Zungen gehören, so wollen wir uns auch jetzt vorzugsweise mit den Erscheinungen und Gesetzen solcher elastischen Membranen oder der durch Spannung elastischen Zungen beschäftigen. Wir studiren zuerst die einfachen, sodann die Doppelzungen.

1) Einfache oder einlippige Zungen.

Der erste Akustiker, welcher genauere Versuche sowohl mit ein- als auch mit zweilippigen elastischen Zungen anstellte, war Johannes Müller*). Er schnitt von einer zur dünnen Membran ausgetriebenen Kautschukplatte einen schmalen Riemen von 1—2''' Breite ab, und spannte ihn über einen Ring von Holz oder einen viereckigen Rahmen von 8—12''' Durchmesser, oder über die Mündung eines Rohrs quer hin. Diesen Apparaten entlockte er Töne auf dreierlei Art. Entweder er zerrte die Zunge pizzicato, wie eine Violinsaite, oder bliess sie mittels eines Tubulus an, oder er fasste die Zunge beiderseits mit dünnen Holz- oder Pappplatten so ein, dass eine Art Stimmritze einer- oder beiderseits der Zunge entstand, durch welche er einen Luftstrom trieb. Die Resultate, welche er bei diesen Versuchen erhielt, sind im Wesentlichen folgende. Den Ton, welchen eine Kautschukzunge pizzicato giebt, nennt er schlecht und klanglos: er scheint ihn also gar nicht auf seine Schwingungszahl untersucht zu haben. Mit einem feinen Tubulus senkrecht gegen ihre Fläche angeblasen schwingt sie von einer Seite zur andern. Oder von der Seite her querüber die Fläche geblasen schwingt sie von oben nach unten. Der Klang soll, bei gleichbleibender Spannung, hier stets derselbe sein, wie bei vollem Mundanspruch. Ein anderer [?] Ton erscheint zuweilen, wenn der Luftstrom querüber die Mitte oder zwischen Mitte und Endpunkt die Zunge trifft. Stärkeres Blasen erhöht den Ton um $\frac{1}{2}$—1 Stufe. Eine über ein Rohr gespannte von einem Rahmen eingefasste Zunge giebt sowohl beim Ausstossen, als auch beim Einziehen der Luft einen Ton: letzterer ist $\frac{1}{2}$—1 Stufe tiefer, als ersterer. Wird die eine (durch Pappe oder Holzplatte vertretene) Kante des Rahmens etwas einwärts und hinter den Zungenrand geschoben, so entsteht beim Einziehen der Luft ein um eine Quarte tieferer Ton. Bei zu breiter Spalte spricht der Ton nicht mehr an: sonst hat die Breite der Spalte keinen tonabstufenden Einfluss.

Wir werden im Folgenden sehen, wie ungenügend diese Versuche Müller's sind. Einmal sind sie nicht exakt genug, um Irrungen zu vermeiden, ausserdem sind die Phänomene nicht in gehöriger Ordnung und Schärfe aufgefasst, endlich sind der Versuche zu wenig, um zu vergleichenden Resultaten dienen zu können.

Genauer ging Harless**) zu Werke. Er untersuchte sehr genau und mit guten Apparaten die Spannungsgrade der Bänder, die Grade des zu deren Intonirung erforderlichen Luftdrucks, das Verhältniss dieser beiden Momente zu einander, den

*) Physiologie, II., 150 ff.

**) Wagner's Handwörterb. der Physiologie, Artikel Stimme. Bd. IV., S. 608 ff.

Einfluss der Grösse der Ausflussmündung (Schallritze), der Grösse der Exkursionen, der Neigungsgrade, der Windrichtung und manches Andere. Auch betrachtet er die Ausbeugung des Randes der an 3 Seiten fixirten Zunge nach ihrer grössern oder geringern Konvexität (Sinus) und nach dem Einflusse derselben auf Tonstufe und Verhältniss zur Luftdrucksintensität; aber nicht die Krümmung des Bandes in die Breite, nicht den Umfang der schwingenden Partien der Bänder, nicht die Abhängigkeit der hier stattfindenden Unterschiede von Windrichtung und dem Winkel, unter welchem der Wind auf die Bandebene auffällt, nicht die latitudinalen Schwingungsverhältnisse u. s. w. Ueberhaupt hat er manche wichtige Untersuchung nur angefangen, aber nicht vollendet. Dennoch hat er verhältnissmässig viel geleistet und spätern Forschern ein wichtiges Material geliefert.

Bei meinen Untersuchungen stellte ich stets das akustische Princip in den Vordergrund. Erst suchte ich eine genügende Anzahl von akustischen Phänomenen zu gewinnen, einen Vorrath an akustischem Material zu sammeln, bevor ich zur Methode des Ordnens und Setzens überging. Die Methode muss aber bei solchen akustischen Studien erst auf diesem Wege nach beendigtem Geschäft des Sammelns eines gewissen vorläufigen Materials gefunden werden. Harless befindet sich in dieser Hinsicht nach meinem Erachten auf einem Irrweg, indem er sich gleich von vornherein eine Methode vorausgesetzt, und auf diese Weise sehr natürlich das Unglück gehabt hat, sehr viele akustische Phänomene und Kombinationen gar nicht kennen gelernt, geschweige denn auf ihre Ursachen untersucht zu haben. Mit Dingen, die in Vergleich mit andern wahre Nebensachen sind, hat er viel Zeit und Raum (in seiner Abhandlung) verschwendet, während er andere wichtigere Gegenstände fast ganz bei Seite liegen lässt. Ueberhaupt habe ich bei meinen akustischen Studien die Erfahrung gemacht, dass man nicht mit zu viel physikalem Apparate operiren darf, weil man dann zu leicht über dem Sichtbaren das Hörbare vernachlässigt, und vergisst, dass die Wissenschaft nicht Selbstzweck bleiben darf, sondern lediglich im Dienste der Kunst und des Lebens steht.

Das Material, mit welchem ich operirte, war im Allgemeinen sehr einfach: Streifen aus unpräparirtem, später aus präparirtem und vulkanisirtem Kautschuk, Rahmen aus Holz, Kork und Pappe, Röhren (aus Holz, Metall, Kautschuk, Pappe u. s. w.) von verschiedener Länge und Kaliber, und die nöthigen Befestigungs- und sonstigen Hilfsmittel an Nadeln, Zwirn, Bindfaden und selbst Heftpflaster: Alles Dinge, wie sie mir gerade zur Hand waren, und deren Beschaffung keine grosse Mühe oder Kosten verursachte. Dagegen Gebläse, Wagen, Manometer u. s. w. habe ich bei meinen Versuchen nicht angewandt, in der Voraussetzung, dass sich schon Leute finden würden, die mit dergleichen Handwerkszeug besser umzuspringen verstehen, als ich, und die sich vorzugsweise mit dergleichen Subtilitäten abgeben zu müssen für das untrügliche Kennzeichen eines wissenschaftlichen Forschers zu halten geneigt sind. Und meine Vermuthung hat sich bestätigt.

Die ersten Versuche stellte ich zu einer Zeit, wo es noch kein vulkanisirtes und sonst zu meinen Zwecken brauchbar vorgerichtetes Kautschuk gab, mit Streifen rohes Kautschuks an, die ich von einem gewöhnlichen käuflichen Stücke abschnitt. Natürlich waren die so zugerichteten Streifen nicht allenthalben in ihrer Dicke gleich, die Schnittflächen nicht völlig rein und glatt, die Elasticitätsgrade beider Längenkanten einander nicht ganz gleich u. s. w. In der Regel wurden diese Streifen oder Bänder an ihren Endstücken mit Nadeln auf den Rahmen gesteckt, wobei wohl auch eine

ungleiche Spannung beider Kanten selten zu vermeiden war. Nur allmälig lernte ich diese Uebelstände vermeiden und überhaupt klarer sehen. Dennoch haben diese ersten Versuche, die schon ziemlich zahlreich sind, verglichen mit den spätern, wo jene Ungleichheiten und Uebelstände vermieden wurden, ihren Werth, und werden in der Folge, natürlich mit der gehörigen Vorsicht, zur Erklärung mancher abnormen Verhältnisse an den Stimmbändern des Kehlkopfs verwandt werden können. Bei unserer gegenwärtigen Darstellung dürfen wir freilich nicht den Anfang damit machen.

a. Methoden zur Intonirung einfacher elastischer Bänder überhaupt.

Eine einfache Kautschukzunge, die über zwei Stege frei aufgespannt ist, lässt sich auf zweierlei Art, durch Pizzication (Zupfen oder Schnippen mit dem Finger oder sonst einem festen Körper), oder durch Anblasen mittels einer Röhre (oder des Mundes) in tongebende Schwingungen versetzen. Ist sie über die Mündung einer Röhre gespannt, so kann sie ausserdem, bei gehöriger Dackung der von dem Bande unbedeckt gebliebenen Theile der Rohröffnung (wovon später), auch durch Bewegung der Luftsäule dieser Röhre gegen das Band, oder durch Blasen von Luft aus einem Windrohre oder einem der Bandebene vorgesetztem Windkessel vor den Rändern des Bandes vorbei und in das Rohr (das somit zum Ansatzrohr geworden ist) hinein, in tönende Schwingungen gebracht werden.

1) Pizzicato. — Davon wollen J. Müller, Harless und deren Nachtreter wenig oder nichts wissen. Sie sagen: durch Zupfen wie an einer Saite werden nur vorübergehende und immer fast ganz klanglose oder schlecht klingende Schwingungen erzeugt. Bei solchen Vorurtheilen konnte es diesen Forschern freilich gar nicht einfallen, diese „schlechten" Schwingungen nach ihrer Zahl und ihren sonstigen Eigenschaften näher zu untersuchen. Ich habe aber gefunden, dass sich die elastischen Bänder in dieser Hinsicht genau so verhalten, wie elastische Saiten, welche ja auch pizzicato sehr wenig Klang entwickeln, wenn sie nicht über den Violinkasten, sondern über zwei zu keinem Konsonanzorgan führende Stege oder Rahmen gespannt sind. Wenn man ein in sich zurücklaufendes Band von vulkanisirtem Kautschuk (wie man sie als Strumpfbänder u. dgl kauft) über ein gewöhnliches Stethoskop stülpt (Fig. 107.), so dass das Band querüber den Pavillon und die Ohrschale desselben läuft und zwischen diesen beiden Stücken beiderseits ausgespannt ist, so hat man eine vortreffliche Vorrichtung zur Beobachtung der Pizzicato-Töne elastischer Bänder. Das Stethoskop dient dabei als Konsonanzapparat und als Hörrohr zugleich. Man braucht nur das so vorgerichtete Stethoskop ans Ohr zu halten und mit der andern Hand entweder die beiden langen Zungen, die längs des Rohrs, oder die kurze, die über dem Pavillon aufgespannt ist, zu zupfen, und man wird einen vollen, schönen, nachhaltigen Ton vernehmen, der fast ganz den Klang einer Violinsaite hat, und dessen von den Dimensionen der Zunge und dem Spannungsgrade derselben abhängige Schwingungszahl sich ohne alle Schwierigkeit bestimmen lässt. So gab, nachdem ich ein etwa 1½‴ breites und im Indifferenzzustande 8″ 5‴ langes Kautschukband über mein Stethoskop (ohne Ohrschale) gespannt und dadurch bis auf 17″ 2‴ ausgedehnt hatte, ohne vor der Hand auf gleiche Anspannung beider Seitenpartien Rücksicht

zu nehmen, die eine 7″ 9‴ lange Seitenzunge den Ton F, die andere eben so lange den Ton C, während die kurze über den 14‴ weiten Pavillon gespannte den Ton g^1 gab. Dasselbe Band über eine Schachtel gespannt, wobei es nur etwa um ½″ ausgedehnt wurde, gab, d. h. der über die Schachtelöffnung gespannte 2″ 4‴ lange vierte Theil desselben, auch den Ton F. Dasselbe Band zwischen Daumen und kleinem Finger gehalten und sehr wenig angespannt, gab, also etwa die Hälfte desselben (circa 4″ lang) den Ton F_2, den tiefsten Ton der gewöhnlichen Klaviere. Ueberhaupt lässt sich jede über einen Rahmen oder eine Rohrmündung gespannte elastische Zunge auf diese Art auf ihren Grundton (denn dass man diesen hier erhält, braucht wohl nicht erst bewiesen zu werden) untersuchen, wenn man nur so genau hören will, als es die Umstände gestatten. Dass diese Methode für die meisten der folgenden komplicirteren Versuche von grossem Werthe ist, leuchtet wohl auf den ersten Blick ein. — Bei dieser Pizzikation ist es gleich, ob man das Band nur an einer Kante, oder an beiden fasst. Der Ton bleibt immer derselbe, sobald an der Spannung nichts geändert wird.

2) Durch einen nur einen Theil der Bandfläche treffenden Luftstrom. — Zu diesem Zwecke bediente ich mich in der Regel meines aus vorigem Abschnitt bereits bekannten messingenen Tubulus, dessen Ausströmungsmündung etwa nur 1¾‴ weit ist. Der Luftstrom verhält sich hier im Allgemeinen zum Bande, wie der Violinbogen zur Saite. Er treibt das Band ein Stück aus seiner geraden Lage ab, so dass es eine Kurve beschreibt (Exkursion), worauf es in seine vorige Lage zurückkehrt (Rekursion), aber wegen des Gesetzes der Trägheit über dieselbe hinaus sich bewegt und nach der andern Seite hin eine Kurve von fast gleichem Sinus bildet; bei dieser Bewegung geräth es wieder in den Wirkungskreis des Luftstroms, durch den es wieder abgetrieben wird und diese Hin- und Herbewegungen so lange wiederholt, als der Luftstrom einwirkt. Die Hauptsache, auf welche es hier ankommt, ist die Grösse des Winkels, unter welchem der Luftstrom den Bandrand trifft. Je mehr das Band unter dem Einfluss eines seine Richtung und Stärke behauptenden Luftstroms gebogen wird, um so mehr geräth es aus der Richtung des Stroms, und in günstigen Fällen selbst über die Grenze desselben hinaus, worauf es vermöge seiner Elasticität um so leichter wieder zurückschwingt. Dasselbe geschieht durch Anspruch mit einer Flüssigkeit aus dem Tubulus, nur fallen hier die Schwingungen langsamer aus. Die elastische Kraft des Bandes wird hier nur sehr wenig in Anspruch genommen, und die Grösse der Exkursionen hängt mehr von den spannenden Kräften, als vom Druck ab, den der Wind auf das Band ausübt; auch wird der Rückschwung des Bandes langsamer erfolgen, da er von keiner begünstigenden Luftverdünnung (unter dem Bande) unterstützt wird: der Wind ändert nur seine Richtung, nicht seine Tension.*) Ueber die verschiedenen Einfallswinkel, unter welchen der Strom das Band treffen kann, um Schwingungen zu erzeugen, sowie über den Mechanismus der letztern selbst, sprechen wir im nächsten Kapitel. Im Allgemeinen gelingen diese tongebenden Schwingungen am leichtesten, wenn der Luftstrom, wie bei der Windmühle, unter einem Winkel auffällt, der zwischen dem rechten und gestreckten Winkel liegt. Ein gerade, d. h. parallel oder

*) Harless a. a. O. S. 621. 22.

senkrecht, auf die Fläche des Bandes auffallender Luftstrom treibt zwar dasselbe in der Richtung der Breite oder Fläche ab, ohne dass jedoch Rekursionen erfolgen und dadurch stehende Schwingungen entstehen können. Der bei obiger Anspruchsweise gebildete Grundton liegt in der Regel $^1/_2$ Stufe höher, als der pizzicato erzeugte; es lassen sich aber hier, wie wir bald sehen werden, noch manche andere Töne erzeugen.

3) Durch einen das ganze Band treffenden und beide Ränder oder nur einen Rand in ganzer Länge abtreibenden und in Schwingungen versetzenden Luftstrom. — Zu diesem Zwecke muss das Band, wie vorhin erwähnt, über die Mündung eines Rohrs von nicht zu grossem Durchmesser gespannt sein, und die vom Bande etwa unbedeckt gebliebenen Theile der Rohröffnung soweit gedeckt oder geschlossen werden, dass zu beiden Seiten oder nur an einer Seite des Bandes eine sogenannte Stimmritze (besser Tonritze) übrig bleibt. Wird das so vorgerichtete Rohr von hinten, d. h. von dem der Bandöffnung entgegengesetzten Ende aus, also als Windrohr, angeblasen, so entstehen nach Maassgabe der Weite der Stimmritze oder Stimmritzen Töne von verschiedener Schwingungszahl, die aber im Allgemeinen grösser ausfällt, als die der nach der Anspruchsweise 1. und 2. auf demselben Apparate erhaltenen Töne. Als Dackungsapparat nahm ich Platten von dünner Pappe, Holz oder Metall, deren dem Stimmbandrande zugekehrte Seite völlig geradlinigt geschnitten sein und überhaupt zu letzterem parallel verlaufen musste, auch wenig denselben überragen durfte, wenn ein genügendes Tonphänomen erzielt werden sollte. Um nur eine Stimmritze wirken zu lassen, wurde die eine dieser Platten so über den einen Rand des Bandes geschoben, dass eine genaue Deckung dieses Randes erzielt und alle Lücken oder sonstigen Zwischenräume zwischen beiden vermieden wurden. Die beiden Platten wurden entweder, wo dies genügte, mit den Fingern an die Rohrmündung angedrückt, oder mit Nadeln oder mit Heftpflaster auf dieselbe befestigt. Das Band selbst wird, wenn es kurz und streifenartig ist, über die Rohrmündung, wie es schon Müller u. a. thaten, gezogen und unterhalb derselben mit einem mehrfach umwundenen Bindfaden festgebunden (wobei es gut ist, wenn man in das Rohr an diesen Stellen ein Paar Kerbe einschneidet), oder man nimmt, wenigstens zu Versuchen, bei welchen es auf eine ganz exakte und länger festzuhaltende Spannung des Bandes von vorn herein nicht ankommt, ein in sich zurücklaufendes Band aus vulkanisirtem Kautschuk, und stülpt dasselbe um beide Mündungen des Rohrs, wobei man den Vortheil hat, zwei Mundstücke (die man womöglich gleich von vorn herein zu verschiedenen Zwecken modificirt) auf einmal zu erhalten. Die Spannung, die beide Stimmbänder auf diese Art erhalten, ist eine längere Zeit gleichbleibende.

b. Mechanismus der auf diesen Wegen zu erhaltenden stehenden Schwingungen frei aufgespannter einfacher Zungen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir uns zuvörderst über die einzelnen Applikaturen und Handgriffe verständigen und ihnen bestimmte Namen oder Bezeichnungen geben.

Die Kante oder Zone des Bandes, welche auf der Seite liegt, von welcher der Luftstrom herkommt, nennen wir die vordere. Wir können dieser Kante auch, unbeschadet des Verständnisses, eine gewisse Breite geben,

und sie nach Umständen sogar bis über die Mittellinie des Bandes hinaus reichen lassen. Die andere vom Luftstrom abgekehrt liegende Seite, Zone oder Hälfte des Bandes heisst dann die **hintere**. Es kann also mit einem seine Richtung im Allgemeinen beibehaltenden Luftstrom bald die vordere, bald die hintere Kante vorzugsweise getroffen werden. Geschieht das erstere, so fällt derselbe auf das Band unter einem **spitzen** Winkel auf; geschieht das letztere, so fällt er auf das Band unter einem **stumpfen** Winkel auf. Zur Vermeidung jedes Missverständnisses wollen wir dies durch Fig. 99 erläutern. *a b* sei der senkrechte Querdurchschnitt eines elastischen Bandes, das, so wie in Fig. *B*, quer über einen Rahmen *R R'* gespannt ist. Da nun bei einseitigem Auffallen eines Luftstroms auf die Bandfläche es zunächst auf die Ablenkung der näheren Kante und der ihr anliegenden Zone ankommt, so müssen wir immer den Winkel messen, den der auffallende Luftstrom zur Ebene des zwischen der getroffenen Stelle und dem benachbarten Rande liegenden Bandtheils bildet, also beim Auffallen des Luftstromes *c* den Winkel *o*, beim Auffallen des Luftstromes *c'* den Winkel *p*. Sind beide Kanten von ungleicher Spannung, so nennen wir die stärker gespannte die straffe, die swächer gespannte die schlaffe. **Voderanspruch** ist bei Cylinderapparaten, wenn der Luftstrom die freie nach aussen sehende Bänderfläche anspricht; **Hintanspruch**, wenn die andere, der Höhlung des Mundstücks oder Cylinders zugekehrte Bandfläche vom Luftstrom getroffen wird. **Röhrentöne** nennen wir die mit dem Tubulus erhaltenen Töne; **Blastöne**, die mit vollem Winde, der die ganze Bandfläche trifft, erhalten werden. Andere, mehr musikale Ausdrücke und Bezeichnungen brauchen hier nicht erst erläutert zu werden; ich setze sie bei meinen Lesern als bekannt voraus.

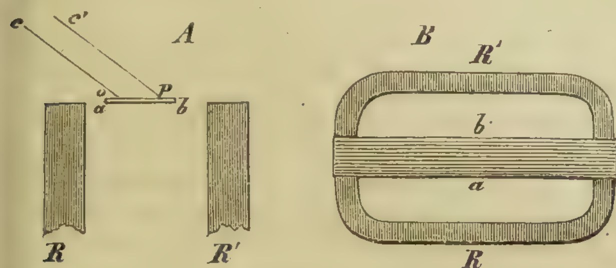


Fig. 99.

Zur genauern Beobachtung der Schwingungsphänomene dieser, so wie der zusammengesetztern Apparate ist in den meisten Fällen ein mässig vergrössernder **Hohlspiegel** erforderlich, der auch in der Regel ausreicht. Die von Manchen angewandte stroboskopische Scheibe ist zu umständlich, erfordert 2 Beobachter, und ist oft gar nicht anwendbar. Um sicher zu gehen, experimentire man immer zwei Mal, ein Mal bei auffallendem, das andere Mal bei reflektirtem Lichte. In Fällen, wo man während des Blasens mit dem Tubulus auch ohne Spiegel den Schwingungsvorgang beobachten kann, hat man Folgendes zu berücksichtigen. Wenn das Band von Natur oder durch Befeuchtung einen gewissen Glanz hat, und das einfallende Licht zum Auge reflektirt, und man die eine Kante desselben unter einem spitzen Winkel anbläst, dabei aber das Band nach Süden oder nach dem einfallenden Tages- oder Kerzenlichte zugewendet hält, so dass die Lichtstrahlen auf die Fläche desselben unter einem spitzen Einfalls-Winkel auftreffend direkt ins Auge zurückgeworfen werden, wo also das Band dem Auge glänzend und erleuchtet erscheint: da erblickt man während der Schwingungen die vordere Kante des Bandes *a b* (Fig. 100 *A*) niedergedrückt, die hintere dagegen gehoben. Die Schwingungsebene macht also einen Winkel zur Anspruchsrichtung. Dreht man sich nun vom Lichte nach der rechten Seite des Körpers hin, in obigem Falle also nach Westen, während die Schwingungen in gleicher Weise fortgesetzt werden, und die Lage des ganzen Apparats zum Auge dieselbe bleibt, so fallen nur noch von der vom Lichte entferntern Hälfte des Bandes *c b* (Fig. *B*) reflektirte Strahlen ins Auge, und die Schwingungsebene erscheint schlan-

genförmig gekrümmt: der noch Licht reflektirende Theil *c b* des Bandes ist niederwärts, der nicht mehr reflektirende *a c* dagegen aufwärts gekrümmt. Setzt man diese Drehung fort, bis gar kein Licht mehr direkt zum Auge vom Bande reflektirt werden kann, so erscheint die ganze Schwingungsebene dem Auge aufwärts gekrümmt, oder dem Anspruchsstrome parallel *a′ b′ c′*. Dreht man sich mit dem Apparate noch weiter, bis man ³/₄ des Kreises beschrieben hat, so bildet sich die S-förmige Krümmung der Schwingungsebene nach der entgegengesetzten Seite *a′ c′ b′* (*D*), um dann nach vollendeter Drehung bis zur anfänglichen Stellung des Körpers wieder nach *a b* (*A*) zurückzukehren. Bei den matten, kein Licht zurückwerfenden vulkanisirten Bändern beobachtet man diese Erscheinung allerdings seltener: dafür kommen hier verschiedene andere Anlässe zu optischen Täuschungen vor, weshalb hier einige Beobachtungsregeln nicht am unrechten Orte stehen werden, die besonders für solche Beobachter bestimmt sind, welche ihre Experimente ohne Assistenten machen wollen oder müssen.

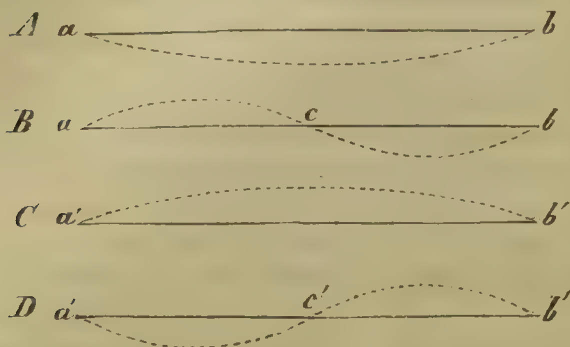


Fig. 100.

Um zuvörderst sich davon zu überzeugen, ob ein angeblasenes Band wirklich in stehende Schwingungen gerathen ist, muss man es so stellen, dass die Schwingungssphäre das auffallende Licht reflektirt, dass sie sich also nicht im durchfallenden Lichte befindet. Die Ignorirung dieser Regel verleitet den noch Uneingeweihten bei Experimenten mit Doppelbändern oft zu der falschen Ansicht, dass nur das eine Band schwinge, das andere nicht. Denn da dieses Phänomen von der Seite aus beobachtet werden muss, so geräth die Schwingungssphäre des dem Auge zunächst liegenden Bandes in das durchfallende Licht, und nur die des dahinter liegenden Bandes reflektirt das Licht, wird also dem Auge dadurch sichtbar, während man von den Schwingungen des vordern Bandes nichts sieht. Man muss daher die Beobachtung stets von beiden Seiten aus vornehmen, um über diese erste und wichtigste Frage Aufschluss zu erhalten. In gleicher Weise muss man mit allen Versuchen an einlippigen Apparaten verfahren, um zu erfahren, ob nur der eine Rand schwingt, oder ob beide, ob man volle Breitenschwingungen vor sich hat, oder nur Lateralschwingungen. Mittels des Hohlspiegels, welcher die Schwingungen des hintern Randes reflektirt, wird man hier in den meisten Fällen sicher gehen; man hüte sich also, ohne denselben zu operiren.

Die Richtung der Exkursionen, oder die Stellung der Schwingungsaxe, die eine sehr verschiedene sein kann, ist auch in vielen Fällen gar nicht leicht zu beobachten, namentlich wenn das Auge unter einem spitzen Winkel, etwa von 40—50° das Phänomen zu beobachten genöthigt ist, und wenn in der Schwingungssphäre, was auch oft sich ereignet, mehr als eine Axe vorkommt. In solchen zweifelhaften Fällen gebe man dem Hohlspiegel eine Winkelstellung, so dass man in demselben die Schwingungssphäre unter einem rechten oder sonst genauen Aufschluss gebenden Winkel zu betrachten bekommt. Hat man einmal die Schwingungs-Axe oder Axen genau beobachtet, so weiss man auch, welche Lage das Band während der Schwingungen hat, ob es auf seine Fläche gedreht oder verschoben ist, ob es dabei schaukelt u. s. w. In vielen Fällen ist es gerathen, bei Kerzenlicht zu beobachten, wobei man den Vortheil hat, durch verschiedene Stellung der Kerze bald von der einen, bald von der andern Seite der Schwingungssphäre das Licht reflektiren zu lassen.

Die grössten Schwierigkeiten und Täuschungen bereitet dem Beobachter die Bestimmung der jeweiligen Schwingungsebene. Da man in der Regel, namentlich bei langen und breiten Bändern, welche frei schwingen, wegen der Dauer des Gesichtseindrucks zwei Schwingungsgänge gleichzeitig sieht, den aufsteigenden und den absteigenden, welche, wenn man (wie gewöhnlich) in schiefer Richtung betrachtet, einander stellenweise zu durchschneiden scheinen, so kommt es dem Auge in der Regel, auch wenn das Band während des Schwingungsganges keine Flächendrehung erlitten hat, so vor, als ob die Bandebene sich geneigt habe, und zwar beim Aufsteigen nach der einen, beim Absteigen nach der andern Seite. Oder es sieht aus, als ob

das Band eine Schaukelbewegung mache, obgleich eine solche in der Regel nicht vorhanden ist. In diesen und ähnlichen Fällen muss man den Spiegel so stellen, dass die Bandfläche darin in grösster Verkürzung dem Auge erscheint: dann kommt man über die Stellung der Bandebene während der Schwingungen ins Klare, und ist oft erstaunt, gerade das Gegentheil von dem zu erblicken, was man anfangs zu sehen glaubte.

Ein an zwei Breitendurchschnittslinien frei aufgespanntes elastisches Band kann, je nachdem es auf eine oder andere der vorhin beschriebenen Anspruchsweisen in stehende Wellenbewegung versetzt worden ist, seine Schwingungen in folgender Art vollziehen.

1) Die Schwingungen geschehen senkrecht zur Fläche; es sind Transversalschwingungen, wie die der Saiten, und zwar Schwingungen, die das ganze Band durchlaufen. Dabei pflegt die Bandfläche allenthalben ihre Horizontalität zu behalten, d. h. alle Querdurchschnittslinien des Bandes bleiben einander parallel, so dass also die Exkursionen senkrecht zu der Ebene stehen, in welcher das Band im Augenblicke der einzelnen Schwingung sich gerade befindet. Der Anspruch selbst kann auf verschiedene Art erfolgen. a) Pizzicato. Man fast hierzu beide Ränder der mittlern Portion des Bandes ebenmässig mit zwei Fingerspitzen oder mit einem das Band nicht verletzenden Plectrum, hebt so das Band in beliebiger Ausdehnung auf, und lässt es dann zurückschnellen. Mag auch die Bandfläche während dieses Fassens eine Krümmung oder Abweichung von seiner Ebene erleiden, so gleicht sich diese doch, nachdem es losgelassen, sofort wieder aus und die 2. 3.... Schwingung geschieht regelmässig, senkrecht auf und nieder. b) Mittels des Tubulus, dessen Luftstrom man unter einem beliebigen Winkel zur Bandebene auffallen lässt, immer jedoch so, dass die Anspruchsrichtung zur Längenaxe des Bandes senkrecht steht, und die mittlere Längenportion desselben direkt getroffen wird. Ist das Band lang, schmal und nachgiebig genug, so wird es schon in Transversalschwingungen versetzt, wenn der Luftstrom des fast parallel zu der Bandebene gehaltenen Tubulus bei Vorderanspruch unter einem sehr spitzen Winkel auf die Oberfläche des Bandes auffällt, so dass der grössere Theil dieses Stroms über die Bandfläche streicht, und nur ein kleiner unter dieselbe weggeht. Auch hier weicht die auf und nieder gehende Bewegung, welche die Bandfläche bei den durch diesen Anspruch hervorgerufenen Schwingungen beschreibt, wenig von der geraden Linie ab. Die Schwingungssphäre wird daher bei den auf diesen Wegen erzeugten Schwingungen in einem in der Mitte geführten senkrechten Durchschnitte wie Fig. 101 aussehen. In dieser Figur bedeutet ab die Gleichgewichtslage des Bandes, $c\ d$ das Ende der durch Pizzicato oder einen in der Richtung $g\ a$ auffallenden Luftstrom bewirkte Exkursionsbewegung, $e\ f$ das Ende der Rekursion. Die Grösse des Abstands beider Grenzlinien der Schwingungssphäre steht mit der Stärke des die Bandfläche treffenden Luftdrucks in geradem, mit dem Elasticitätsmodulus des Bandes in umgekehrtem Verhältniss. Das heisst: Je stärker aus dem Tubulus geblasen wird, und je leichter das Band diesem Luftstrome nachgiebt, desto weiter wird es aus seiner Gleichgewichtsstellung abgetrieben, desto grösser fällt also die Exkursionsamplitude $e\ c$ aus, doch verhält-

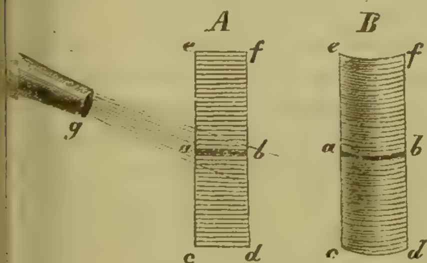


Fig. 101.

nissmässig weniger, wenn die Strahlen des Luftstroms sehr schräg auf das Band auffallen, sich also auf eine grössere Fläche vertheilen, als wenn sie unter einem mittleren Winkel, also mit mehr Koncentration, auffallen. Am grössten fallen natürlich die Schwingungen aus, wenn der Einfallswinkel 45° beträgt. Für sehr schmale und lange, doch auch für kurze und verhältnissmässig stärker gespannte Bänder ist es in der Regel erforderlich, den Luftstrom unter einem solchen Winkel auffallen zu lassen, weil bei andern Stellungen leicht Abweichungen der Schwingungssphäre eintreten, wie wir weiter unten sehen werden. Nie beträgt nach meinen Beobachtungen die Exkursionsweite der Schwingungen mehr, als der Abstand der Tubulusmündung von der Bandebene. Je weiter der Tubulus daher vom Bande entfernt gehalten wird, desto ausgiebiger fallen die Exkursionen aus, wofern die Tension des Luftstroms und der Elasticitätsmodulus des Bandes die Erreichung jenes Exkursionsmaximums zulassen. Die ganze Schwingungssphäre erscheint, wenn der Luftstrom unter einem Winkel von 45° auf die Mitte des Bandes auffällt, dem Auge des Experimentirenden etwa so, wie in beistehenden Figuren. Fig. 102 *A* erscheint bei mässigem Anspruch und

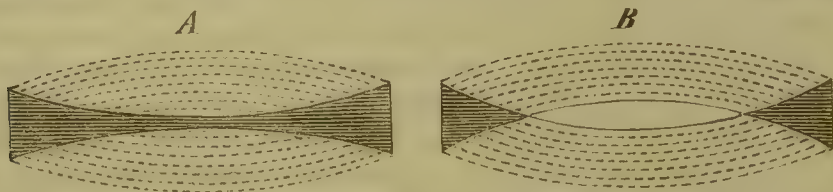


Fig. 102.

wenig austragenden Excursionen, die Fig. *B* bei stärkerem Anspruch und grossen Exkursionen. Die Bandebene ist dabei nicht erheblich verschoben oder seitlich abgelenkt.

Von dieser normalen, in den letzten 2 Figuren (Fig. 101 *A*, Fig. 102 *AB*) angedeuteten, aber in ihrer Reinheit nie vorkommenden Beschaffenheit der Schwingungssphäre giebt es nun mehrere Abweichungen oder Modificationen.

a) Bei breiten Bändern bewirkt der Luftstrom durch seine Druckkraft eine mehr oder weniger beträchtliche Aushöhlung der getroffenen Fläche, und die Schwingungssphäre sieht dann bei grösster Verkürzung im Hohlspiegel betrachtet so aus, wie Fig. 101 *B*.

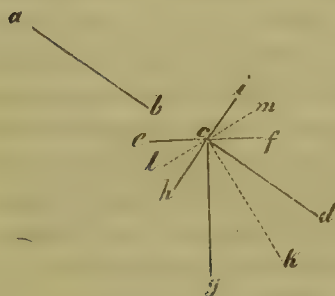


Fig. 103.

b) Die Bandebene erhält die Neigung, eine zur Luftstromrichtung senkrechte Stellung anzunehmen. Das Band dreht sich auf seiner Fläche; indem es dem Drucke des Luftstroms nachgiebt, und zwar bei Vorderanspruch die vordere Zone nach unten, vom Luftstrome abwärts, die hintere aufwärts, bei Hintanspruch umgekehrt; immer aber vollzieht es seine Auf- und Niedergänge so, dass die Schwingungssphäre sich dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte gemäss in eine Lage stellt, die zwischen Anspruchsrichtung und einer zur anfänglichen Bandebene senkrechten Linie in der Mitte steht. Wenn in Fig. 103 der Luftstrom *a b* auf die Bandfläche *e c f*, und zwar mehr auf *e c*, als auf *c f*, auffällt, so strebt er dieselbe nach

h i zu drehen und nach *d* zu führen. Dem widersetzt sich die Elasticität des Bandes, das seine Lage *e c f* beizubehalten und aus dieser nach *g* sich zu bewegen strebt. Das Resultat beider Kräfte ist die Mittelbewegung aus *l c m* nach *k*.

Wie schon erwähnt, macht es einen Unterschied, ob der Luftstrom vorzugsweise auf die vordere, oder auf die hintere Breitenzone des Bandes auffällt. Im erstern Falle bewegt der Luftstrom die vordere, im zweiten Falle die hintere Zone vor sich her, und die Bandebene erscheint im Hohlspiegel bei grösster Verkürzung im 1. und 2. Falle so wie Fig. 104 *a* und *b*. Der Luftstrom kommt in beiden Fällen von derselben Seite her. Selbst bei schmalen Bändern ist diese Veränderung der Bandebene bemerkbar. Mag aber Depression der vordern oder der hintern Zone vorhanden sein, die Exkursionen liegen allemal in der vorhin dargestellten Mittelrichtung. Von oben betrachtet erscheint die Schwingungssphäre genau so, wie die nicht abgelenkte Sphäre bei schräger Betrachtung (Fig. 102 *a* und *b*), bei grosser (aber nicht grösster) Verkürzung stellt sich dieselbe etwa so dar, wie Fig. 104 *e*. Die beiden horizontalen Striche deuten hier die Aufspannungsstellen des Bandes an.

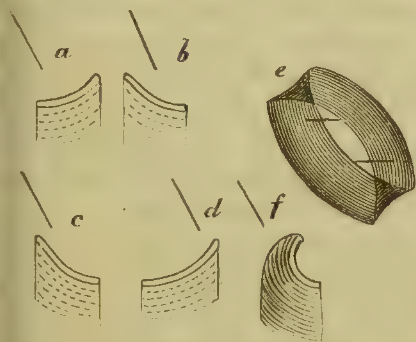


Fig. 104.

Eine eigenthümliche Erscheinung bieten sehr dünne Bänder dar, wenn sie lateral angesprochen werden. Hier bewirkt der Luftanspruch, wie der Hohlspiegel mich überzeugte, keine Depression der getroffenen Zone, sondern eine (scheinbare?) Elevation. Bei Vorderanspruch erscheint die Schwingungssphäre, soweit sie über die Bandebene sich erhebt, im Hohlspiegel wie Fig. 104 *c*, beim Hintanspruch wie Fig. 104 *d*. Den Grund dieser Erscheinung habe ich noch nicht erforschen können. Vielleicht beruht sie auf einer optischen Täuschung.

c) Die einzelnen Wellenbewegungen erfolgen nicht gleichmässig, sondern zeigen in ihrer Gesammtheit Schwankungen, besonders wenn der Tubulus nicht richtig stehen bleibt, sondern der Luftstrom bald die eine, bald die andere Zone vorzugsweise trifft. Die hier stattfindenden Phänomene sind nach Umständen verschieden und schwer darstellbar. Das Wesentliche dabei ist ein abwechselndes Schwanken der Bandebene.

d) Wenn bei der Rekursion die vordere Zone, nachdem sie bereits durch die oben erwähnte Flächenimpression verhältnissmässig höher gestellt ist, so hoch sich erhebt, dass der Luftstrom die untere Fläche desselben fassen kann, so findet eine angehende Drehung der vordern Zone statt, welche der Schwingungssphäre eine ganz besondere Gestalt giebt. In grösster Verkürzung sieht sie bei mässig breitem Bande etwa so aus wie Fig. 104 *f*. Der untere Theil derselben lässt sich im Spiegel nicht deutlich beobachten. Von der Seite erscheint dieser Vorgang dem Auge des Experimentirenden so wie Fig. 106 *A*. Wird diese drehende Bewegung, wie es bei schmalen dünnen Bändern oft vorkommt, weiter getrieben, so stellt sich das unter No. 3 beschriebene Schwingungsphänomen heraus.

e) Wenn der Tubulus so nahe dem Bande gehalten wird, dass die durch seinen Luftstrom erregten Schwingungen bei jeder Rekursion einmal an ihn anschlagen, dann wird nicht nur die Schwingungssphäre durch dieses Hinderniss beschränkt, die Exkursionsweite abgekürzt, sondern es wird auch

dem Tonphänomen ein neues Element, ein aus den einzelnen Stössen gegen den festen Körper zusammengesetzter Ton hinzugefügt, dessen Schwingungszahl die Hälfte der des Normaltons beträgt. Gewöhnlich hat jedoch dieser Ton so wenig Klang, dass man ihn ungeachtet seiner regelmässigen Bildung den Geräuschen beilegen muss: der Bandton erhält nur eine unangenehme Färbung durch diese Schläge, er wird unrein. Die Schwingungen sind in diesem Falle halb durchschlagend, halb aufschlagend. Wir bezeichnen in der Folge dieses Phänomen mit dem Namen Interferenz.

Bei allen diesen Anspruchsweisen, wofern die Schwingungen nicht, wie in letzterem Falle, durch einen fremden in ihre Sphäre gehaltenen Körper gestört werden, giebt das Band einen Ton, den wir als Grundton ansehen (anhören) wollen. Wo wir irgend wie Pizzicato einen Ton erhalten können, da werden wir auch diesen den Grundton nennen, da seine Erzeugung den wenigsten Schwankungen unterworfen ist. Doch auch die durch den Tubulus nach obigem Mechanismus erhaltenen Töne weichen ihrer Schwingungszahl nach vom Pizzicato-Tone sehr wenig ab. Es gilt hier, wie überall, die Regel, dass von den Tönen, die ein elastisches Band von gleichbleibender Länge und Spannung zu geben fähig ist, derjenige der tiefste, oder der Grundton ist, welcher mit dem geringsten Aufwand von tonerregenden Mitteln zu erzeugen war, oder wie man im gewöhnlichen Leben spricht, bei welchem das Band am leichtesten ansprach. Bei Bändern, deren Längendimension die der Breite nur um wenige (etwa 5—6) Male übertrifft, erfordert der Röhrenanspruch immer verhältnissmässig mehr Spannung, als bei längern Bändern, die in dieser Hinsicht durchaus den Schwingungsgesetzen der Saiten folgen. Daher fällt an solchen kurzen Bändern der Röhrenton immer etwas (d. h. $1/2$ — 1 Stufe) höher aus, als der Pizzicato-Ton.

Wir bezeichnen in der Folge die normalen oder senkrecht auf der Bandebene stehenden Schwingungen mit No. 1, die schräg stehenden mit No. 2.

2) Die Schwingungen sind transversale, wie die vorigen, aber es schwingt nicht die ganze Fläche dabei auf und nieder, sondern das Band bleibt in seiner Totalität stehen, und es schwingt nur die eine oder die andere Randzone desselben in geringerer oder grösserer Breite. Hier sind zwei Fälle möglich: a) der Anspruch erfolgt stumpfwinklich, es wird die hintere Zone zunächst vom Luftstrome getroffen, wie in Fig. 99. *A c′ p*; die getroffene Zone geräth bei hinlänglich starker Luftgebung in Transversalschwingungen, die sich jedoch dem übrigen Bande mittheilen: das Band schwingt also in seiner Totalität, wenn auch die vordere Zone nur sehr kleine Exkursionen machen sollte. Im Ganzen unterscheidet sich also diese Anspruchsweise nicht erheblich von der vorigen: nur ist in der Regel, besonders bei kurzen, straffen und verhältnissmässig dicken Bändern eine grössere Lufttension erforderlich, um diese Schwingungen zu erzeugen, als wenn man den Luftstrom auf das volle Band einwirken lässt. In letzterem Falle beträgt daher auch die Schwingungszahl des erhaltenen Tons etwas mehr als der Grundton, und kann $1/2$ — 2 Stufen über letzterem liegen; wo hingegen (bei dünnern, leichter ansprechbaren Bändern) keine sonderlich grössere Tension erforderlich ist, um die hintere Zone vorzugsweise in Schwingungen zu versetzen, da stimmt auch die erhaltene Tonstufe so ziemlich mit der des Grundtons überein. Jedenfalls ist sie wenigstens ebenso hoch, als diese, niemals

tiefer. Sobald die vordere Zone fixirt, gedeckt, oder überhaupt schwingungsunfähig gemacht wird, dann sind bei diesem Anspruch keine stehenden Schwingungen, also auch kein Tonphänomen möglich. b) Anders verhält es sich beim spitzwinklichen oder Vorderanspruch (Fig. 99. *A c o*). Um diesen zu bewirken, muss der Tubulus zur Fläche der vordern Zone des Bandes unter einem spitzen Winkel gehalten werden, und der Luftstrom theils über, theils (gebeugt) unter die Kante des Bandes streichen. Das Band kann lang oder kurz sein: doch ist, wenn es sehr lang ist, eine gewisse verhältnissmässige Breite, die die Dicke des Luftstroms einigemale übertrifft, erforderlich. Bei dem erwähnten Anspruch schwingt **nur** die vom Luftstrom getroffene Zone in grösserer oder geringerer sichtbarer Ausdehnung transversal, während der hintere Rand ruhig bleibt, oder sich wenigstens nicht wesentlich an diesem Schwingungsakt betheiligt, und nur in bebende Mitschwingungen geräth, wie etwa der einer schwingenden Saite angefügte Konsonanzapparat. Man kann diese hintere Kante beliebig dämpfen oder völlig in ihrer ganzen Länge durch Einklemmung u. dergl. fixiren, und so schwingungsunfähig machen, ohne dass das Resultat geändert wird. Eine fast 14‴ lange, 2″ breite (über die Stürze eines Stethoskops gespannte) Zunge gab bei der angegebenen Anspruchsweise dasselbe Schwingungs- und Tonresultat, mochte der hintere Rand durch vollständige Fixirung schwingungsunfähig gemacht worden sein, oder nicht. Der Mechanismus dieser Schwingungen weicht von dem der No. 1 angehörigen wesentlich ab. Während nämlich dort das Band der ganzen Breite nach in Transversalschwingungen gerieth, macht es hier dergleichen Schwingungen nur von der einen (angesprochen) Seite aus. Fig. 105 *A* stellt einen Durchschnitt des Bandes *B* in der Richtung *a b* vor. Man sieht hier, wie die Schwingungsaxe nicht von *o r*, sondern von *a b* gebildet wird, und dass das ganze Schwingungsphänomen als eine Summe schwingender in der Curve *o s r* fixirter sehr schmaler Zungen betrachtet werden kann, von welchen die mittelsten die längsten, die äussersten die kürzesten sind, und welche ihre Pendelschwingungen in der Richtung *d e* (Fig. *A* u. *C*) gleichzeitig ausführen. Wir nennen diese Schwingungen **Lateralschwingungen** und bezeichnen sie mit No. 3. Ihre Dauer ist etwas länger, ihre Schwingungszahl daher niedriger, als die der vollen Transversalschwingungen (No. 1 und 2).

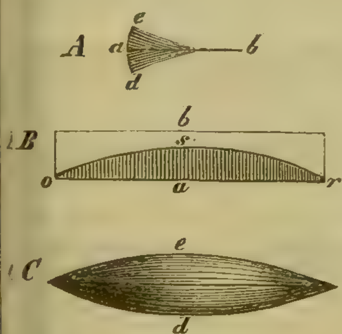


Fig. 105.

Bei sehr langen Bändern kann diese Erniedrigung eine ganze Oktave betragen, bei kurzen im Verhältniss, wie es scheint, weniger. Meist liegt der Ton 1 volle Stufe unter der des Grundtons.

3) Wird ein langes, schmales, wenig gespanntes, leicht in Schwingungen versetzbares Band mit dem schräg hinlänglich vor und über gehaltenen Tubulus so angesprochen, dass zunächst die hintere Zone getroffen wird, aber doch noch ein kleinerer Theil des Luftstroms unter den vordern Rand entweichen kann, und wird dabei Sorge getragen, dass keine vollen Transversalschwingungen nach No. 1., auch keine Stösse gegen den Tubulus entstehen, so wird das Band bald in die Richtung des Luftstroms gebracht, der vordere Rand krümmt sich um (s. oben), es findet eine **Flächendrehung** statt, und das Band ist dann aus seiner anfänglichen Stellung in die

Richtung des Tubulus gelangt. In dieser Stellung vermag das Band nun immer noch Transversalschwingungen zu machen, die aber nicht mehr auf und nieder, sondern nach den Seiten gehen. Da nun das Band leicht beweglich ist, und schon ein geringer Luftanspruch genügte, um das Band in diese Stellung zu drehen, so geschieht es bei einigermaassen verstärkter Luftgebung leicht, freilich nicht allemal, dass das Band seine Drehung weiter fortsetzt, und zwar so weit, dass es wie ein Mühlrad vom Luftstrom vollends und zwar mehr als einmal herumgedreht werden kann. Wie es scheint, dreht sich das Band nach jeder solchen krummen Exkursion, sobald diese ihr relatives Maximum erreicht hat, nicht eher wieder zurück, als wenn die Tension des Luftstroms nachlässt. Nur Schade, dass es etwas schwer hält, dieses interessante Phänomen willkührlich hervorzubringen: man hat immer von Glück zu sagen, wenn man es eine Zeitlang beobachten kann. Gewöhnlich bekommt man zuerst, wenn man den Versuch dazu macht, die gewöhnlichen Transversalschwingungen, welche, sobald das Band dabei in einige Schwankung geräth und dann vom Luftstrom an der u n t e r n Fläche seiner vordern Zone gefasst werden kann, in die gegenwärtige Schwingungsweise übergehen. Das Phänomen erscheint dann dem Experimentirenden bei mittlerem Anspruch etwa wie Fig. 109. *B.*, bei stärkerem Anspruch wie Fig. 106. *C.*

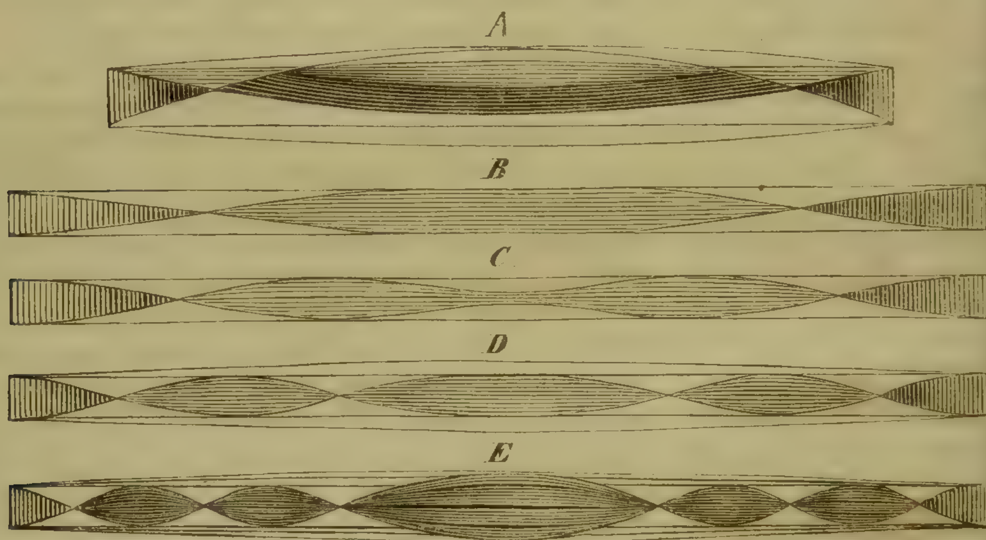


Fig. 106.

Der Anspruch mittels des Tubulus muss dabei immer auf die Mitte der Bandlänge auffallen, und die Luftgebung, sobald man das Band einmal in der richtigen Stellung hat, rasch gesteigert werden*).

Das Tonphänomen, das bei dieser Schwingungsweise gehört wird, ist, wie zu erwarten, ebenso eigenthümlich, als der Schwingungsvorgang selbst, und kann nur einigermaassen mit dem der Aeolsharfe verglichen werden. Der Ton setzt, wie gewöhnlich, mit dem Grundtone des Bandes ein, steigt aber mit zunehmender Drehungsweite, oder, was gleich ist, mit wachsender Lufttension immer höher. Bei *A* ist der Ton (s. 1. d) wenig höher als der Grundton,

*) Wofern nämlich die Lunge dazu noch Fond genug hat. Denn meistens ist man durch die vergeblichen Versuche schon so erschöpft, dass man, ohne seinen Lungen zu schaden, nicht weiter mit denselben arbeiten kann.

bei *B* ist er (nach ungefährer Schätzung) 1 Quarte oder Quinte, bei *C* eine Oktave, und bei *D* eine Decime bis Duodecime höher, als der Grundton. Doch finden bei dieser Tonerhöhung keine deutlichen Sprünge, wie bei den Knotentönen statt, sondern der Uebergang geschieht durch die Zwischenstufen. Das Timbre dieser Töne hat etwas der Maultrommel Aehnliches: jedenfalls weicht es ganz entschieden von dem der gewöhnlichen Töne elastischer Zungen, namentlich auch der Knotentöne derselben ab.

Ueber den Mechanismus dieses sonderbaren Schwingungsphänomens wage ich vor der Hand noch keine bestimmte Ansicht auszusprechen, da die exakte Beobachtung desselben mit zu grossen Schwierigkeiten verbunden ist, und ich bis jetzt noch keine andere Anspruchsweise für dasselbe versucht habe, als die angegebene. So viel ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass das Band, wie sich auch ein anderer, mit einem sehr scharfen und geübten Sehorgan begabter Beobachter, dem ich das Phänomen producirte, überzeugt hat, sich in der oben angegebenen Richtung um seine Axe dreht, und dass durch diese Drehung die in den Figuren gezeichneten Windungen des Bandes erzeugt werden. Ob nun aber das Band nach Erreichung der dem Grade des Luftanspruchs entsprechenden Drehung sich im zweiten Schwingungsmoment wieder zurückdreht, und überhaupt in einer Sukzession solcher Vor- und Rückwärtsdrehungen das ganze Schwingungsphänomen besteht, oder ob das Band auf seinem Drehungsmaximum vom Luftdruck festgehalten wird, und mit der ihm hierdurch ertheilten, bleibenden Form seine, sonst nicht wesentlich von andern Transversalschwingungen abweichenden Ex- und Rekursionen macht, oder ob nur der mittlere, zwischen den beiden dem Centrum zunächst liegenden Windungen (bei breitern Bändern ist beiderseits überhaupt nur eine vorhanden) liegende Theil des Bandes die den Ton bestimmenden Transversalschwingungen hervorbringt: alle diese Fragen will ich einstweilen noch offen lassen. Ebenso wenig lässt sich wohl jetzt schon darüber entscheiden, ob dies von mir entdeckte Phänomen nach den bisher gefundenen (oder noch aufzufindenden) Gesetzen der drehenden Schwingungen anderer elastischen Körper beurtheilt werden darf. Einstweilen wollen wir jedoch den Ausdruck drehende Schwingungen für das Phänomen beibehalten, und sie mit No. 4. bezeichnen.

4) Die Schwingungen, zu welchen wir uns jetzt wenden, durchlaufen nicht die ganze Bandlänge gleichförmig, sondern es bilden sich Knotenlinien, welche das Band in zwei, drei oder vier Längenabschnitte theilen, zwischen welchen die Exkursionen nach entgegengesetzten Richtungen gehen, genau wie bei den Saiten, wenn sie Flageolettöne geben. Dieses Phänomen ist, soviel ich weiss, vor mir an elastischen Bändern gleichfalls noch nicht beobachtet worden; auch ich bin dazu gekommen bei einer Gelegenheit, wo meine Absicht zunächst auf andere Resultate gerichtet war. — Das Band, an welchem ich zuerst diese Entdeckung machte, war ein gewöhnlicher Halter (oder Strumpfband) aus vulkanisirtem Kautschuk, zweimal 3″ 5‴ lang und 4‴ breit, dessen Elasticitätsmodus nicht allenthalben gleich ausgefallen war. Als ich es nämlich behufs anderer Versuche über mein Stethoskop spannte (Fig. 107.), so warfen sich die Ränder der einen langen Seitenpartie *a b* desselben in ziemlicher Längenausdehnung so auf, dass die Bandfläche mulden- oder rinnenartig wurde, ungefähr wie eine dünne Baumrinde, die nach dem Trocknen sich röhrenartig umzurollen im Be-

griff ist. Diese Konkavität sah nach aussen, und war in der Mitte des Bandes am bemerklichsten. Wurde das Band (*a b*) pizzicato intonirt, so gab es den Ton H; durch den Tubulus auf die unter 1) *b* angegebene

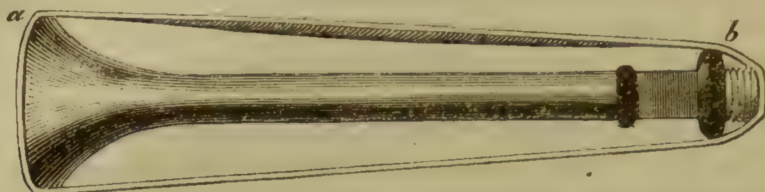


Fig. 107.

Weise*) angeblasen gab es einen eine halbe oder ganze Stufe höhern Ton. Ebenso, wenn der Anspruch horizontal gegeben wurde, was bei der Aufwerfung der Ränder leicht gelang, nur mussten beide Kanten zugleich vom Luftstrome getroffen werden. Der Ton hatte hier gleiche Höhe, wie der pizzicato erhaltene, höchstens eine kleine halbe Stufe mehr. Der Luftstrom musste hier mehr auf die Konvexität als die Konkavität auffallen. Wurde dagegen der Tubulus nur auf die hintere Kante gerichtet, so dass sein Luftstrom die vordere primär gar nicht berühren konnte, und diese hintere Kante unter dem passenden Winkel, der wohl so ziemlich zur getroffenen Bandfläche ein rechter sein mochte, angeblasen, so erklang ein Ton, der genau eine Oktave + eine Quinte höher lag, als der Grundton, also fis¹. Selbst mit dem blossen Munde gelang es mir bei einiger Uebung beiderlei Töne separat zu erhalten. Diese Schwingungen, welche nur geringe Exkursionen machten, beschränkten sich aber nicht bloss auf den hintern Rand, sondern der vordere Rand schwang auch mit, wenn auch mit kürzern Exkursionen, als der hintere. Die mittlere Längenzone des Bandes blieb aber dabei in Ruhe. Wurde der vordere Rand mit dem Finger berührt, so gelang kein Ton. Bei genauerer Betrachtung des Verhaltens des ganzen Bands während dieses Vorgangs liess sich sehr bald erkennen, dass das Band, zunächst der hintere Rand desselben, in drei Abtheilungen schwang, ganz nach Art der Saiten bei ähnlicher Behandlung. Es sind demnach diese Schwingungen Aliquotschwingungen, und zwar, zunächst einigermaassen der Länge, auch der Breite nach, und es verhält sich in dieser Hinsicht das elastische Band wie ein System von zwei mit einander verbundenen

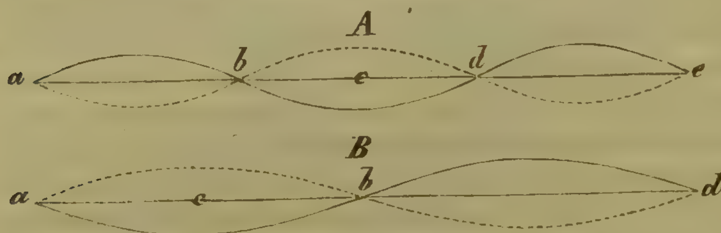


Fig. 108.

Saiten. Die Sache wurde nun weiter verfolgt. Bliess ich das Band in gleicher Weise etwa in *c* Fig. 108. A. an, so ertönte der Ton h, der also genau eine Oktave höher lag, als der Grundton, und die Schwingungen sahen so aus, wie Fig. 108. B.; *c* bedeutet in beiden Figuren den Anspruchsort. — Wurde hier (B. *c*) der Anspruch auf den Mittelpunkt der hintern Kante mit

*) Der Tubulus musste hier wegen der Konkavität der Bandfläche ziemlich senkrecht zur obern Fläche der hintern Zone gehalten werden.

grösserer Intensität gegeben, so erschien der Ton dis², d. i. die Tertie der dritten Oktave, wobei sich zwischen *c* und *a*, sowie zwischen *c* und *e* (der Figur *A*) je zwei, zusammen also vier Knotenlinien gebildet haben mussten. Ferner gelang h¹, d. i. die zweite Oktave des Grundtons, mit drei Knotenlinien, wenn der Anspruch zwischen *c* und *b* (Figur *B*) gegeben wurde.

Von der Seite aus konnte ich mit Hülfe meines Hohlspiegels wahrnehmen, dass die diesen Knotentönen angehörigen Schwingungen nicht nur auf und nieder, sondern auch rück- und vorwärts gingen, und dass in dieser Hinsicht beide Kanten mit einander alternirten. Während die getroffene Kante nieder- und abwärts getrieben wurde, bewegte sich die andere auf- und hinwärts.

Das Merkwürdigste bei der ganzen Sache ist, dass diese Knotenlinien sich ohne den geringsten direkten äussern Impuls bilden können. Bei den Saiten ist doch eine leise Berührung erforderlich, hier (wenigstens bei langen Bändern) nicht, obwohl auch eine solche statthaft und zuweilen sogar nothwendig ist, wie wir bald sehen werden.

Ich spannte dasselbe Band, um es einmal bei einer etwas geringeren Spannung zu probiren, über einen Rahmen von kleinerem Durchmesser, so dass ich eine Zunge von 4″ 8‴ erhielt. Sprach ich sie an der Stelle an, wo das erste Viertel der hintern Kante ins zweite übergeht, so ertönte die Oktave des Grundtons, wie oben. Ich berührte nun das Band im Mittelpunkte seiner vordern Kante: die Wirkung blieb gleich. Berührte ich es dagegen im Mittelpunkte seiner hintern Kante, so war keine Tonbildung mehr möglich. Ebenso wenn die Berührung in der Mitte der Knotenlinie stattfand.

Bei fernern Versuchen fand ich auch, dass diese Knotentöne ebenso gut, ja wie es mir schien, noch leichter zur Erscheinung kommen, wenn man die vordere Kante anspricht. Man hat hier etwas weniger Tension des Luftstroms nöthig, aus welchem Grunde auch die hierbei erhaltenen Knotentöne ein wenig tiefer ausfallen, als die an der hintern Kante erhaltenen. Sonst ist der Mechanismus hier derselbe: der hintere Rand schwingt mit kleinern Exkursionen mit, und Berührung des hintern Endes der Knotenlinie verhindert hier die Wellenbildung ebenso wenig, als die des vordern die Schwingungen der hintern Kante.

Um zu erfahren, bis wie weit sich elastische Bänder verkürzen lassen, um noch Aliquottöne geben zu können, spannte ich das zu vorstehenden Versuchen gebrauchte Band über ein engeres Hohlgefäss: so dass ich eine freie Zunge von noch nicht ganz 3″ erhielt. Es war jetzt also etwa nur $^2/_5$ so lang, als es beim ersten Versuch war. Die zur Aufwulstung oder Lateralumkrümmung geneigte Partie des Bandes wurde auch hier zum Zungentheil gewählt. Diese Zunge, deren Breite sich zur Länge verhielt, wie 1:9, gab pizzicato den Ton *es*. Auf die vorige Art intonirt, indem ich den Anspruch auf die Grenze des ersten und zweiten Längenviertels der vordern Kante wirken liess, gelang der Aliquotton es¹ nicht leicht anders, als wenn ich den Mittelpunkt der hintern Kante berührte. Dagegen vermochte ich auf einer mit demselben Bande hergestellten Zunge von 2″ 5‴ Länge (Breite : Länge = 1 : 7), die den Ton d gab, keinen Aliquotton zu erzeugen, ich mochte es versuchen, wie ich wollte. Freilich ist dabei zu bemerken, dass die Aufwulstung der beiden Bandränder bei dieser Vorrichtung eine nur unbedeu-

tende war. Ich gab nun dieser Zunge durch eine einfache mechanische Vorrichtung eine stärkere Spannung, so dass sie jetzt den Grundton f gab. Diese Veränderung hatte den Erfolg, dass die Bandränder sich etwas mehr aufwarfen, und in der That gelang nun der Aliquotton f¹, wenn der Mittelpunkt der andern Kante berührt wurde.

Nachdem ich einmal in der Berührung des oder eines Knotenpunktes der entgegengesetzten Kante ein Mittel kennen gelernt hatte, die Erzeugung der Knotentöne zu befördern, experimentirte ich nun auch mit elastischen Bändern von gleicher oder geringerer Breite, welche keine rinnenförmige Aushöhlung darboten, sondern völlig eben waren, ja es schadete sogar nichts, wenn die Bandfläche ein wenig konvex war. Bei allen Versuchen, die ich in dieser Absicht anstellte, gelang wenigstens der erste Knotenton, sofern das Band nicht zu kurz war und die Berührung des Knotenpunktes richtig stattfand. Bei dünnen schmalen Bändern, die sehr beweglich sind, ist es z. B. nöthig, wenn man den vordern Rand intonirt, das die Berührung bewirkende Instrument nicht von oben, sondern von unten auf die hintere Kante zu halten, um während der Bildung der Vibrationen ein Losschnellen derselben vom Berührungsinstrumente zu verhüten. Im Uebrigen ergaben die diesfallsigen Experimente keine neuen Resultate.

Der Kürze wegen können wir diese Aliquotschwingungen auch mit No. 5. bezeichnen.

5) Diesen Aliquotschwingungen der Länge reihen sich nun die Aliquotschwingungen der Breite an, d. h. diejenigen Transversalschwingungen, wo das Band nur mit der dem Luftstrom zunächst liegenden Zone in mehr oder weniger Breite oscillirt, sofern nämlich die übrigen Zonen durch Fixirung oder Dämpfung von der Mitschwingung ausgeschlossen sind. Von diesen, so wie von den Latitudinal- und Interferenztönen der elastischen Bänder wollen wir im nächsten Kapitel sprechen.

c. Schwingungen einfacher innerhalb oder neben einer Schallritze aufgespannter Zungen, bei gleichbleibender Spannung.

1) Bei weiterer Schallritze, wo nur pizzicato und durch Röhrenanspruch Töne zu erhalten sind.

Der Apparat, dessen ich mich zu diesen Versuchen vorzugsweise bediente, war ein kurzes, cylindrisches Holzstück von 14‴ Dicke und 3″ 4‴ Länge, in welches eine schachtförmige, vierwandige Grube gemeisselt war, 4½‴ breit und etwas über 10‴ tief, und welche, nachdem sie etwa 10—11‴ tief mit diesen Dimensionen den Cylinder durchsetzt hatte, in einen sich allmälig verengernden und am Ausgange 3½‴ weiten cylindrischen Kanal überging. Dieser Holzcylinder hatte früher als Petschaftgriff gedient, weshalb wir ihn in der Folge schlechthin „das Petschaft“ nennen werden. Ueber die obere viereckige Mündung, und zwar in der Längendimension derselben, wurde nun ein Kautschukband von 2‴ Breite so gespannt, dass zu beiden Seiten desselben eine Stimmritze entstand, deren Weite durch Verschieben des Bandes beliebig verändert werden konnte. Stand das Band genau in der Mitte, so war jede Stimmritze 1¼‴ weit. Durch diese Dispositionen war eine neue Reihe von Tonmodifikationen zu erzielen, welche sowohl in neuen Mechanismen der Schwingung, als auch in Veränderungen der Anspruchsrichtung, der Lufttension und sonstigen Modifikationen der Windgebung ihren Grund hatten.

Wenn bei der angegebenen Vorrichtung, bei welcher die Bandränder gleich weit von den Rahmenkanten abstanden, das Band pizzicato den Grundton c^1 gab, und nun mittels des Tubulus, der so auf den Rahmen aufgesetzt wurde, dass der Luftstrom desselben mitten auf den vordern Rand und zugleich auf die Oberfläche des Bandes auftraf, angeblasen wurde, so gerieth das Band in volle Transversalschwingungen nach der zweiten Art. Beigesetzte Figur stellt einen senkrechten Durchschnitt des Apparats dar: *R R'* Durchschnitt des als Rahmen fungirenden Holzcylinders, *L* des Bandes, *T* das untere Ende des Tubulus, *C* der Hohlraum des Cylinders. — Der Tubulus kann auch mehr gesenkt werden, so dass der Winkel $T:R$ ein mindergradiger wird. Der Ton, den diese Schwingungen geben, ist hier ein wenig höher, als der Grundton, etwa cis^1. In andern Fällen beträgt diese Erhöhung entweder mehr, bis zu einer vollen Stufe, oder es ist gar keine wahrzunehmen, so dass der Ton mit dem Grundton übereinstimmt.

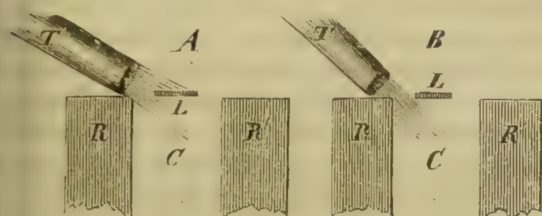


Fig. 109.

Jetzt wurde das Band seitlich, ohne seine Spannung zu ändern, gegen die eine Kante dieses (die Apertur begrenzenden) Rahmens geschoben, so dass an der einen Bandkante eine weitere, an der andern eine engere Schallritze gebildet wurde. Wurde bei dieser Disposition das Band von der weitern oder von der engern Schallöffnung aus mit dem Tubulus nach den bisher befolgten Methoden angeblasen, so ergab sich keine andere Verschiedenheit in den Tonresultaten, als dass durch stumpfwinklichen Anspruch der hintern Kante von der weitern Schallöffnung aus keine Tonschwingungen möglich waren, und dass der Anspruch der vordern Kante im Allgemeinen mehr Tension erforderte, dadurch aber auch den Ton etwas erhöhte; von der engern Schallöffnung aus gelangen die Tonphänomene leichter und ohne eine sonderliche Abweichung von den früher erhaltenen zu zeigen.

Rückt man nun bei gleicher Breite beider Stimmritzen den Tubulus ein Stück auf dem Rahmen *R* zurück, so dass vom Luftstrome nur die vordere Kante und Zone des Bandes getroffen wird, so geräth dasselbe in Lateralschwingungen (No. 3.), und giebt dabei einen Ton, der etwas, gewöhnlich ½ Stufe, tiefer als der Grundton ist.

Hält man dagegen den Tubulus höher, so dass der Luftstrom die hintere Kante und Zone des Bandes, also stumpfwinklig trifft, so entsteht ein höherer Ton, dessen Schwingungszahl, wie es scheint, in umgekehrtem Verhältniss zum Spannungsgrade des Bandes zugenommen hat, sonst aber dem zur Intonirung erforderlichen Tensionsgrade der Luftsäule proportional ist. Je schlaffer das Band, desto mehr Windstärke ist nämlich erforderlich, dasselbe durch stumpfwinklichen Anspruch in Schwingungen, die dann immer beschleunigter ausfallen, zu versetzen. Je gespannter dasselbe, desto weniger weicht die Schwingungszahl von der den vollen Transversalschwingungen zustehenden ab, nur die Intensität und Grösse des Tones ist verschieden. Die durchschnittliche Erhöhung des Tones beträgt hier eine Tertie.

Bei geringerer Spannung des Bandes sind überhaupt nicht nur einzelne Zonen desselben leichter für die Tonschwingungen durch entsprechende Anspruchsmodifikationen zu isoliren, sondern es lassen sich solche Bänder sogar auch

in ihrer Breitedimension in Schwingungen versetzen, wodurch mehrere besondere und neue Tonphänome erhalten werden können.

Wenn ein solches schlafferes Band (bei sonst gleichbleibender Vorrichtung) mit dem in ziemlicher Entfernung auf den Rahmen aufgesetzten Tubulus (der zur Rahmenfläche einen nicht zu grossen Winkel, etwa von 15 bis 25°, bilden muss) mit vollem, aber nicht zu sehr komprimirtem Winde dergestalt angeblasen wird, dass der hintere Rand mehr, als der vordere getroffen wird, so geräth bisweilen jene (hintere) Randpartie des Bandes primär in Schwingungen, welche einen Ton geben, der eine Tertie bis zu einer Quinte höher liegt, als der Grundton. Dieser Ton scheint seinem Mechanismus nach verschieden zu sein von dem vorhin erwähnten, der gleichfalls durch primären Anspruch der Hinterkante, aber bei anderer (höherer und näherer) Haltung des Tubulus und stärkerer Luftgebung erhalten wurde: er ist höher und von flüchtigerer Natur, denn es gelingt selten, ihn absichtlich hervorzubringen, sondern er erscheint fast nur gelegentlich als Vorton oder Anlaut, wenn man ein noch trocknes Band ansprechen will, und geht sehr bald in den gewöhnlichen vollen Ton (No. 2.) des Bandes über. Bei etwas stärker gespannten Bändern habe ich jedoch obigen Ton völlig nach Belieben erzeugen können, dann aber auch dessen Höhe mit der des durch starken und aus der Nähe kommenden Anspruch der Hinterkante erzeugten übereinstimmend gefunden.

In ähnlicher Weise, und zwar noch sicherer und fixabeler, lässt sich ein den Grundton etwa um eine Quinte überschreitender, freilich wenig klingender, weil durch wenig ausgiebige Exkursionen erzeugter Ton erhalten, wenn man den vordern Rand, aber auch nur den Rand, etwa wie in Fig. 109. *B*, anspricht. Auch hier darf der Anspruchsluftstrom nicht sehr komprimirt, wohl aber muss er ergiebig genug sein, um das Tonphänomen, das gewöhnlich nicht augenblicklich erscheint, etwas festhalten zu können. Zuweilen fällt der Ton noch höher aus, bis zur Sexte oder kleinen Septime. Nicht selten mischt sich diesem hohen Tone ein tiefer, rauher Ton bei, der eine Quinte bis Oktave tiefer liegt, als ersterer, und jedenfalls ein oder einige Stufen unter den Grundton geht. Wir sind bei dieser Gelegenheit veranlasst, von einer ganz neuen, bisher völlig unbekannt gebliebenen Schwingungsweise elastischer Körper zu sprechen, nämlich von den Latitudinalschwingungen und von deren Interferenzen mit den Transversalschwingungen.

Dass fast bei allen Transversalschwingungen elastischer Bänder, die durch einen schief auf deren Fläche auffallenden Luftstrom erzeugt werden, ausser den wesentlichen senkrecht zur Fläche gehenden Exkursionen auch eine oft ziemlich merkliche Ablenkung des Bandes in der Richtung der Breite seitwärts stattfindet, wodurch die ganze Schwingungssphäre, wie sie dem Auge erscheint, ein walzenförmiges oder ellipsoidisches Aussehen annimmt, ist wohl ausser mir auch schon von andern Forschern wahrgenommen worden, wenn gleich sie in ihren Schriften davon nichts erwähnen. Aber es kommt auch vor, dass diese Latitudinalbewegung eine schwingende wird, als solche die Oberhand gewinnt, und die derselben angehörigen Schwingungen tonbestimmend auftreten. Meine hierüber bereits seit mehrern Jahren gemachten Beobachtungen sind freilich sehr zerstreut und zum Theil nicht mit der gehörigen Schärfe angestellt, da ich lange Zeit überhaupt an der Existenz, wenigstens akustischen Wesentlichkeit dieser Schwingungen zweifelte. Aber neuere, mit mehr Genauigkeit gemachte Beobachtungen und

Versuche haben diese Zweifel so ziemlich zerstreut, und gestatten mir, vorläufig Folgendes über diese Phänomene aufzustellen.

Bei sehr vielen Versuchen, elastische Bänder mittels des Tubulus zum Tönen zu bringen, beobachtete ich, wenn ich den Luftstrom entweder ganz horizontal, d. h. unter einem gestreckten Winkel, oder unter einem gegen die Rahmenebene nur wenige Grade messenden Winkel auf den vordern Bandrand fallen liess, dass, bevor das Band in volle Transversalschwingungen gerieth und so seinen Grundton angab, ein merklich höherer Ton diesem letzteren vorauslautete, der durch einen andern Schwingungsmechanismus entstanden sein musste. Besonders war dies der Fall, wenn das zu gebrauchende Band noch trocken war, und der Anspruch mit nur mässiger Stärke gegeben wurde. Später erhielt ich auch dergleichen Töne, wenn ich, wie vorhin erwähnt und abgebildet, unter einem mittlern Winkel den vordern Rand scharf, aber nur oberflächlich, mit dem Luftstrome des Tubulus anbliess. Die dabei sichtlich wahrnehmbaren Erscheinungen sind etwa folgende. Das Band fängt, ohne sonderlich aus seiner Ebenenstellung zu kommen, an, in seiner ganzen Ausdehnung zu zittern, in regelmässige Oscillationen zu gerathen, welche seitwärts exkurriren, und wobei die Breite des Bandes zuzunehmen scheint. Am reinsten treten diese Latitudinalschwingungen auf, wenn das Band eine gewisse Dicke hat, und diese Dickfläche eine geeignete Anspruchsebene bildet, an welcher der Luftstrom nicht abgeleitet, sondern fassen kann. Daher ich auch das Phänomen häufiger und deutlicher an kleinen, von mir selbst scharf geschnittenen Bändern aus unpräparirtem, als an den käuflichen Bändern aus vulkanisirtem Kautschuk beobachtet habe. Der erforderliche Anspruch muss entweder möglichst horizontal kommen, d. h. senkrecht auf die Dickfläche des Bandes, parallel zur Breitenfläche desselben, auffallen, oder (wie bei Bändern, die keine ergiebige solche Fläche darbieten) durch scharfes Vorüberblasen eines schrägen (unter 45° auffallenden) Luftstroms an der einen Ecke der Kante bewirkt werden; endlich schienen mir auch die Latitudinaltöne bisweilen, wie oben bemerkt, durch sehr stumpfwinklichen Anspruch des Hinterkantentheils zu gelingen. Das Band muss ferner eine solche Spannung besitzen, dass es durch einen mässigen Tensionsgrad des ansprechenden Luftstroms noch nicht in Transversalschwingungen versetzt werden kann. Ganz rein, d. h. ganz von Transversalschwingungen frei, sind jedoch diese Latitudinalschwingungen wohl niemals: denn wenn man das Phänomen im Hohlspiegel betrachtet, ist immer ein transversales Hin- und Hergehen des Bandrandes, wenn auch in sehr kleiner Exkursionsweite, wahrzunehmen, während die latitudinalen Exkursionen mehr auszutragen scheinen. Aber nie beträgt die grösste Exkursionsweite eines elastischen Bandes, das auf diese Art schwingt, so viel, als die grösste Weite transversaler Exkursionen, etwa nur den 4. oder 5. Theil der Letztern, weil überhaupt ein breiterer Körper nicht so weit aus seinem Gleichgewichtszustande abweichen kann, als ein schmälerer, dünnerer. Ferner setzen die Transversalschwingungen immer mit einer Niederbeugung des primärgetroffenen Randes ein, was bei den Latitudinalschwingungen nicht der Fall ist. Die latitudinale Wellenbewegung kommt immer durch einen weniger gespannten Luftstrom zu Stande, nur muss die schmale Bandfläche von der Centralkraft desselben getroffen werden. Die Latitudinalschwingungen erscheinen dem Auge entweder als gleichmässig die ganze Breite des Bandes einnehmende oder als

vorzugsweise die vordere oder (bei der 3. Anspruchsweise) die hintere Randzone sollicitirende. An frei aufgespannten Bändern habe ich diese Schwingungsweise noch nicht erhalten können. Die Tonstufe oder Schwingungszahl der Latitudinalschwingungen liegt, wie gesagt, immer einige Stufen höher als die des Grundtons oder der pizzicato und sonst durch einfachen Mechanismus erfolgenden vollen Transversalschwingungen desselben Bandes beträgt. Bei meinen bisherigen Versuchen betrug dieser Unterschied in der Regel eine Quarte; in zwei Fällen sogar eine Oktave, welche aber wohl durch nicht näher erörterte Zufälligkeiten entstanden zu sein scheint. Bei mehrern Bändern war mehr als ein Latitudinalton möglich. In mehrern andern Fällen war durch Aenderung des Winkels, unter welchem der Tubulus zur Rahmen- und Stimmbandebene gehalten oder aufgesetzt wurde, eine Aenderung der Tonhöhe zu erzielen. Sonst hat nach meinen Untersuchungen die stärkere oder geringere Spannung des Bandes keinen erheblichen Einfluss auf diesen Tonstufenunterschied, wohl aber die Tension des Luftstroms. In einigen Fällen liess sich der anfänglich erhaltene Ton durch Verstärkung des Winkels sowohl als auch der Lufttension um drei ganze Töne erhöhen. — Auch bei diesen Tönen mussten wir, wie bei den Transversaltönen, Volltöne und Aliquottöne der Breite nach unterscheiden. Erstere entstehen durch einen Anspruch, der entweder horizontal ist oder einem solchen nahe kommt, letztere durch Anspruch der Vorderkante unter einem Winkel von 45 — 60°. So wie die aliquoten Transversalschwingungen, so tönen auch diese höher, als der Grund- oder Vollton. Uebrigens bemerke ich ausdrücklich, dass ich mehr als einmal am Vorderrande eines und desselben Apparates sowohl den Ton No. 2a., als auch den mehrere Stufen höher liegenden Latitudinalton erhalten habe. Auffallend ist freilich, dass, wie es scheint, immer der durch spitzwinkliches Ueberblasen der ganzen Bandfläche erhaltene Latitudinalton mit dem durch stumpfwinklichen (starken) Anspruch der Hinterkante bei vollen Transversalschwingungen erhaltenen gleichen Tonhöhe zeigt, obwohl im Timbre sich ein bedeutender Unterschied wahrnehmen lässt. Das Timbre dieser Latitudinaltöne ist nämlich ein ganz anderes, als das der Transversaltöne. Sie klingen zarter, weicher, schwächer, sind aber geschmeidiger und zu feinern Nüancen brauchbar. Auch lassen sie sich (bei guten Apparaten) ziemlich anschwellen, ohne ihre Tonhöhe dabei zu verändern.

Von diesen höhern Tönen, die wir also Latitudinaltöne nennen wollen, wenden wir uns zu den tiefern, mehrere Stufen unter den Grundtone gehenden, welche gewöhnlich neben jenen erstern mitgehört werden, und durch Interferenz der Latitudinalschwingungen mit den Transversalschwingungen zu entstehen scheinen.

Dass bei der Erregung von Schwingungen in mehreren festen elastischen Körper sowohl als in Luftsäulen zuweilen neben dem Grundtone tiefere Töne mitklingen, die in verschiedenen Schwingungsverhältnissen zum Grundton stehen können, haben bereits mehrere Akustiker (Chladni, Quándt, v. Dalberg u. a.) beobachtet. Es war daher wohl auch zu erwarten, dass bei den elastischen Bändern dergleichen Erscheinungen nicht fehlen würden. In der That habe ich bei meinen diesfallsigen Untersuchungen an Einzelbändern mehrmals, und zwar, was bemerkenswerth ist, allemal bei Gelegenheit der Beobachtung der eben erörterten Latitudinalschwingungen, die in Rede stehenden tiefen Bei- oder Nebentöne beobachtet.

Diese Töne klingen rauh, schlecht und liegen in der Regel eine grosse Quinte tiefer, als der verhältnissmässig tiefste Latitudinalton, so dass sie gewöhnlich ebenso tief unter den Grundton zu stehen kommen, als jener über diesen. Einigemale waren zwei solcher Töne abwechselnd hörbar, die Quinte und die Oktave des Hochtons. Dabei geräth das ohnedem nur zitternde Band in sichtbare Schwankungen und Schaukelbewegungen, wobei einzelne Längenzonen des Bandes sich heben und senken; freilich sind diese Bewegungen nicht zahlreich genug oder nicht rasch genug einander sukzedirend, als dass sie allein einen Ton zu bilden fähig wären. Einmal gelang es mir, den tiefern Ton isolirt zu erhalten: dabei war von Schwingungen fast gar nichts wahrzunehmen. Leider dauerte dies Phänomen nur sehr kurze Zeit. Ich für meinen Theil vermuthe hier eine Interferenzwirkung zwischen den Transversal- und Latitudinalschwingungen mit Verlangsamung der Wellen um die Hälfte. Es treten daher diese Phänomene nicht an völlig frei aufgespannten Einzelzungen, wo nur ein ungetheilter oder ungestörter Luftstrom Wellenbewegung erzeugen kann, auf, sondern nur an den über einen Rahmen gespannten, wo durch theilweise Zurückwerfung des Luftstroms ein wellenerregender Angriff von zwei verschiedenen Seiten her auf das Band möglich wird. Ob diese Ansicht richtig ist, müssen widerholte genauere Untersuchungen lehren. Zahlreicher, unverfänglicher und interessanter werden uns dergleichen Interferenzphänomene bei den gefassten Einzel- und noch mehr bei den Doppelzungen begegnen, weshalb wir auch erst, wenn wir diese kennen gelernt haben werden, über das Wesen dieser Interferenzen uns umständlicher aussprechen werden.

Die wesentlichen Unterschiede des Verhaltens der innerhalb eines engen Rahmens aufgespannten (gefassten) Einzelzungen von den freien oder über einen ringförmigen Rahmen gespannten bestehen demnach darin, dass bei letztern der Anspruch auf die Mitte und auf die Hinterkante weit leichter volle Schwingungen erregt, welche nur den Grundton geben, während bei erstern der gleiche Anspruch schwerer gelingt, und daher auch immer mit einer merklichen Tonerhöhung verbunden ist, ferner dass bei letztern Latitudinal- und Interferenzschwingungen nicht möglich zu sein scheinen, welche dagegen bei erstern leicht gelingen.

2) Bei so weit verengter Schallritze, dass in dieser selbst Tonbildung, aber nur mittels Röhrenanspruchs möglich ist. — Folgende Modifikationen wurden hier vorgenommen.

a) Bisher stand das elastische Band in oder über der Mitte der in den Holzcylinder geschnittenen Apertur. Beide Rahmenränder waren frei. Es wurde nun dasselbe über den einen Rand des Rahmens so geschoben, dass es diesen in einer Breite von etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$''' deckte. S. Fig. 110. Doch lag das Band dem Rahmen nicht völlig auf, sondern es blieb noch eine enge Ritze zwischen beiden Flächen. Gab das Band, in der Mitte der Apertur frei stehend, pizzicato den Ton es[1], so gab es jetzt ebenso intonirt den Ton des[1], welcher Unterschied jedoch wohl von einer Abspannung, die das Band dabei erlitten, abhängen mochte. Wurde nun das Band mit dem Tubulus unter einem spitzen Winkel von Rahmen *a* aus, welchem es auflag, angeblasen, so hob sich seine Kante vom Rahmen ab, und es schwang mit ziemlich ergiebigen Exkursionen in seiner ganzen Breite, wobei die mittlere Zone, fast wie bei den Latitudinaltönen, liegen zu bleiben und nur die beiden Randzonen in Schwingungen zu gerathen schienen, die zwar deut-

lich transversal waren, aber wenig exkurrirten und mit Latitudinalschwingungen gemischt zu sein schienen. Der Ton war f ', eine grosse Sekunde höher, als der Pizzicato-Ton des freien, eine grosse Tertie höher, als der Grundton des aufliegenden Bandes. Durch stumpfwinklichen Anspruch der hintern, frei über der Apertur liegenden Kante, gelangen keine Tonschwingungen. Von der andern, freien Seite *b* aus mit dem spitzwinklich gehaltenen, auf die hiesige Rahmenkante aufgesetzten Tubulus angeblasen gerieth das Band in volle Transversalschwingungen mit dem Ton *c* ¹, der also etwas tiefer lag, als der Grundton dieses Bandes. Bei näher gehaltenem Tubulus, so dass nur die obere Portion des Luftstroms die Bandkante fasste, gerieth die letztere in kleine Schwingungen mit dem Tone d ', die sich auch bis e ' erhöhen liessen. Der andere aufliegende Kantenrand schien dabei sich völlig ruhig zu verhalten. Es schienen dies Latitudinalschwingungen zu sein, denn sobald, was oft (bei stärkerem Anspruch) geschah, dieselben in deutliche Transversalschwingungen umsprangen, trat sofort der tiefere Ton wieder ein. Sie lassen sich aber auch als Aliquotschwingungen erklären. — Wurde die aufliegende Bandkante fixirt und unbeweglich gemacht, so war auf keine Weise mittels Tubularanspruchs ein Ton möglich. S. jedoch weiter unten c).

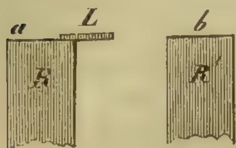


Fig. 110.

b) Wurde nun das Band noch weiter über den Rahmenrand weggezogen, so dass es zum grössern Theile auf demselben lag, so erhöhte sich der Ton auf fis ', und bei grösserwinklichem Anspruch sogar auf g '. Es war hier im Allgemeinen gleich, ob das Band trocken blieb, oder absichtlich nass gemacht wurde, so dass die Ritze dadurch verschlossen oder ausgeglichen wurde. Nur rissen im letzteren Falle die Töne leichter ab, sobald die Feuchtigkeit durch den Luftstrom sich entfernte. Auch kam bei grössern Exkursionen zuweilen der Ton e '. Ueberhaupt stellte sich immer mehr als Regel heraus, dass die Tonhöhe caeteris paribus mit der Ausgiebigkeit der Exkursionen in umgekehrtem Verhältniss steht. — Wurde bei diesen Versuchen die Tubulusmündung plötzlich etwas gehoben, so dass der Anspruch mehr die obere Ecke der Vorderkante, sowie die obere Fläche des ganzen Bandes bestrich, so tönte gewöhnlich, aber kurzhin und undeutlich ein höherer Ton a ' — b ', der durch Latitudinalschwingungen entstanden zu sein schien.

c) Statt des schmalen nahm ich jetzt ein breites Band von fast 4''', also fast genau so breit, als die Rahmenapertur. Pizzicato gab es, nachdem seine eine Randzone dem Rahmen aufgelegt worden, den Ton h ¹. Mit dem Tubulus von der gedeckten Seite aus cis ², von der offenen Seite aus angeblasen, h ¹. Bei diesem Bande war es erlaubt, die aufliegende Zone zu dämpfen, niederzuhalten, überhaupt schwingungsunfähig zu machen, ohne dass dadurch die Anspruchsfähigkeit des übrigen Bandes verloren ging. Es gab dann einen Ton, der nur ein wenig tiefer lag, als der vorige, ohne Deckung erhaltene, sonst ihm gleich war. Bei dem von der gedeckten Seite angeblasenen Tone dagegen durfte der freie Rand, welcher wesentlich mitschwang, nicht berührt werden, sonst hörte alle Tonbildung auf.

Dass bei irgend einem dieser Töne das Band sogenannte a u f s c h l a g e n d e Schwingungen gemacht hätte, davon habe ich mich in keiner Weise überzeugen können. Bei hinlänglich starkem Anspruch konnte sogar zwischen Band und Rahmen ein kleiner Körper geschoben werden, ohne die Exkursionen zu stören. Aber ganz durchgeschoben werden bis zur hintern Kante

oder darüber hinaus durfte er nicht, sonst kam er mit dieser Kante, während sie schwang, in Berührung und hob so den Ton auf.

3) Bei beiderseits verengter Schallritze zur Erzeugung von Blastönen.

Wir gehen jetzt einen Schritt weiter, und wenden uns zu den akustischen Phänomenen, welche elastische Einzelbänder, an zwei Punkten aufgespannt, vernehmen lassen, wenn sie nicht durch einen sie partiell treffenden und nur von einer Seite her in Bewegung setzenden beschränkten Luftstrom, sondern durch eine solche Luftsäule aus ihrem Gleichgewichte gebracht werden, die auf ihre ganze Fläche so wie auf ihre Ränder (beide oder nur einen) der ganzen Länge nach einwirkt. Wir treten so unserer eigentlichen Aufgabe schon ein bedeutendes Stück näher: denn der Anspruch der Stimmbänder des menschlichen Kehlkopfs geschieht auf keine andere Art.

a) Unser anfänglicher Apparat bleibt einstweilen immer noch derselbe. Der Pizzicato-Ton des Bandes ist jetzt es^1. Wir legen nur über die neben dem freien Rande des Bandes (Fig. 111 *L*) befindliche Apertur (der andere Rand liegt noch auf der Rahmenkante auf) ein Stück dünner Pappe (*P*), das so zugeschnitten ist, dass zwischen ihm und dem Bandrande eine schmale, lineäre Ritze von etwa $\frac{1}{4}$''' Breite bleibt. Wir halten das Pappenstück mit drei Fingern fest in seiner Lage, oder kleben es fest auf, drehen das Instrument um, und blasen es mit dem Munde von hinten an. Dabei ist Folgendes zu beobachten. Zunächst wird das Band in seiner ganzen Breite vom Winde gehoben und aufgebläht, gegen die Stimmritze zu mehr, als über dem Rahmenrande, dem es aufliegt; bei mässigem Blasen fängt es in dieser gehobenen Lage an, in kleine Schwingungen zu gerathen, die ich aber noch nicht reguläre Transversalschwingungen der ersten Art nennen möchte: wenigstens liess sich nicht genau erkennen, ob dabei die ganze Fläche des Bandes gleichmässig auf und nieder ging. Der dabei stattfindende Ton war wenig sonor, nicht schwellbar, e^1, $\frac{1}{2}$ Stufe höher, als der Grundton. Wurden die beiden Enden des Bandes mit zwei Fingern festgehalten, ohne dass dadurch dasselbe, soweit es schwingbar war, verkürzt wurde, und ein etwas stärkerer Luftstrom gegeben, so legte sich das Band auf den Rahmenrand scheinbar fest auf, und nur der der Platte zugekehrte Theil desselben hob sich und schwang, wie gewöhnlich, ohne dass der Ton seiner Höhe nach sich merklich veränderte. Bei noch stärkerem Blasen war deutlich zu beobachten, dass auch die dem Rahmenrande aufliegende Zone in Bewegung gerieth, und jetzt ertönten zwei Töne gleichzeitig, von welchen der andere genau 1 Oktave tiefer lag und ein schnarrendes Timbre hatte. Dieser Ton wurde offenbar durch aufschlagende Schwingungen der dem Rahmenrande aufliegenden Bandzone erzeugt, oder vielmehr durch die Schläge selbst, welche diese Bandzone bei jeder ganzen Schwingung einmal gegen den Rahmenrand ausführte. Zuweilen, besonders wenn das feuchte Band und der Rahmenrand abgetrocknet worden war, kam es vor, dass die Rahmenzone des Bandes sich frei machte, und ihre Schwingungen ohne Schläge ausführte; dann setzte sich diese Zone mit dem übrigen Bandkörper in ziemlich gleiche Lage, und der Ton wurde wieder rein und einfach. Zuweilen aber gewann die Rahmenzone förmlich das Uebergewicht, so dass man nur den tiefen Schnarrton hörte. Das eben erörterte Phänomen gehört jedenfalls zu dem, was wir Interferenzer-

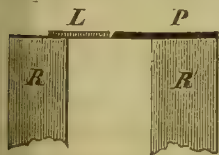


Fig. 111.

scheinungen nennen, und wird später, wenn wir über dieselben (bei den Doppelzungen) genauer sprechen werden, seine Erklärung finden. Durch Auflegen eines oder zweier Finger auf die Enden des Bandes, durch abwechselndes Dämpfen des einen oder andern Randes dieser Endstücke waren noch manche Modifikationen, die sehr an die später zu erörternden Schaukelschwingungen erinnerten, zu erzielen.

Bei einer Wiederholung dieses Versuchs lag der erhaltene Ton 1 Quarte höher, als der Pizzicato-Ton. Jedenfalls hatte sich hier in Folge des Liegenbleibens der auf dem Rahmen liegenden Bandzone das Register geändert; s. weiter unten. — Wurde der Apparat von vorn angesprochen (Ansatzrohr), so erschien ein 1 kleine Tertie höherer Ton, der sich durch Verlängerung des Rohrs vertiefen liess, demnach einem andern Register angehörte. Darüber später mehr.

b) Jetzt (Fig. 112) schieben wir, ohne am Bande etwas zu ändern, das Pappstück etwas über den innern Bandrand (*b*), so dass dieser an seinen Schwingungen gehindert wird, und die Luft lediglich zwischen der äussern Bandzone (*a*) und dem Rahmenrande, dem dieselbe aufliegt, entweichen muss. Es entseht, wenn wir das Instrument, wie vorhin, von hinten anblasen, ein Ton mit etwas anderem, an die Bassklarinette erinnernden Timbre und grösserer Reinheit und Klangfülle: die vorhin bemerkten Stösse oder Tremulirungen fehlen. Die Tonstufe beträgt beim Piano-Einsatz c^2 oder cis^2, liegt also 1 Sexte bis Septime über dem Grundton, und schlägt beim Crescendo-Forte ziemlich scharf nach b^1 um. Das Band wird, soweit es schwingungsfähig ist, durch den Luftstrom stark gehoben und in seitliche Transversalschwingungen (No. 3 *a*) versetzt, wobei (im Hohlspiegel) deutlich zu beobachten ist, dass die Rekursionen nicht, auch beim Forte nicht, bis zur Rahmenfläche gelangen: es findet kein Aufschlagen statt, wie vorhin, sondern ein Schweben des schwingenden Bandes, weshalb wir solche Schwingungen, die nur aufzuschlagen scheinen, es aber nicht thun, von nun an schwebende Schwingungen nennen wollen. Natürlich muss bei diesem Vorgange, wenn das Band in volle Transversalschwingungen geräth, eine doppelte Krümmung desselben stattfinden 1) eine Hebung des Bandes, soweit es von der Platte unbedeckt ist, mit Aufwärtskrümmung sowohl der Länge, als auch der Breite nach, am meisten natürlich in der Mitte des Bandes: in dieser Lage, die durch den blossen Druck der sich durchzwängenden Luft erzeugt ist, vermag schon das Band in kleine, die gegenseitige Lage der einzelnen Partien des Bandes noch nicht wesentlich ändernde Schwingungen, die mit den früher erwähnten Latitudinalschwingungen Aehnlichkeit haben, versetzt zu werden, wobei ein schwächerer und höherer Ton hörbar ist; in unserm Falle war er cis^2. 2) Sobald aber der Luftdruck zunimmt, giebt die dünne Pappplatte nach, das Band wölbt sich sammt letzterer aufwärts, dadurch gelangt mehr Luft in den Spaltraum, und das Band, soweit es schwingbar ist, geräth in eine ausgiebigere Bewegung; die Exkursionen werden offenbar weiter, grösser, schlagen aber dennoch nicht auf den Rahmen auf, denn der Ton bleibt einfach. In Folge dieser Erweiterung nimmt der Ton zwar an Fülle und Klang zu, aber auch seine Schwingungszahl um $\frac{1}{2}$ — 1 Stufe ab, und kommt auf b^1, welcher Ton also den Pizzicato-Ton immer noch sehr an Höhe übertrifft. Uebrigens hat man es durch sukcessives Vor- und Zurückschieben des mittleren Fingers in seiner Gewalt, den Ton nicht nur seiner Fülle und seinem Klange, sondern auch seiner Höhe nach einigermaassen

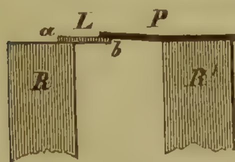


Fig. 112.

zu modificiren. Durch Vorschieben des Fingers, auch wenn die Platte völlig unverrückt bleibt, wird der Ton etwas höher, aber auch beengter oder kleiner, weil der Luft der Durchgang erschwert wird; durch Zurückziehen desselben vermag die von der Platte bedeckte Bandzone etwas dem andrängenden Luftstrome auszuweichen und Letztern selbst voller und ergiebiger zu machen, so dass auch die Schwingungen grösser und freier (weniger beengt, also auch langsamer) werden, und was diese Aenderungen auf den Ton für Einfluss haben, wird nun wohl jeder Leser sich selbst beantworten können. Wurde statt der Pappplatte eine starre Holzplatte zur Dämpfung der Randzone des Bandes genommen, so waren diese Modifikationen des Tones nicht möglich, es entstand nur ein einziger, nicht sehr klingender Ton. Es scheint demnach viel auf eine gewisse Mitbewegung der gedämpften Randzone anzukommen.

Ich machte nämlich bald die Beobachtung, dass während der Tonbildung ausser der dem Rahmen aufliegenden Bandzone auch die von der Platte bedeckte nicht ganz unbeweglich oder fortwährend mit der Platte in enger Berührung bleibt, sondern dass sich dabei etwas Luft zwischen diese beiden Flächen hindurchdrängt. Wenn nun auch in der Regel kein Grund zur Annahme eines neuen Schwingungsphänomens in dieser *Glottis spuria* vorliegt, so mag doch die durch dieselbe entweichende Luft, so weniges auch sein mag, zur Erzeugung und Modificirung der Schwingungen der unbedeckten Banpartie etwas beitragen. Um diesen möglichen Einfluss abzuhalten, klemmte ich den zu dämpfenden Bandrand zwischen eine dünne Metall- und eine etwas dickere Holzplatte, wodurch noch der Vortheil erzielt wurde, dass die Bandebene dadurch etwas schief wurde und die in Schwingungen zu versetzende Randzone sich schärfer auf die Rahmenkante legte. Nachdem noch sonst alle Vork·hrungen gegen irgend eine unbefugte Tonritze getroffen waren, bliess ich den Apparat an, und erhielt endlich, doch erst als die Endstücken des Bandes mit den Fingerspitzen fest gehalten wurden, den Ton f^2 (bei Wiederholung fis^2) also eine Erhöhung des Grundtons (d^2) um 1 Quarte, was bei der nahmhaften Verschmälerung, die das Band erlitten, etwas wenig zu sein scheint. Dieser Ton war zart und durch kleine schwebende Schwingungen erhalten. Kehrte ich zur einfachen, doch wohl angedrückten Pappplatte zurück, so erhielt ich in einem Falle (Pizzicato c^2) nur einen tiefern Ton a^1 von stärkerer Intensität und Klangfülle, in einem andern Falle dagegen, wo ich eine neue Platte anwandte [Pizzicato d^2], gestaltete sich das Phänomen wie früher, d. h. es erschienen zuerst kurze, schwebende Exkursionen mit dem hohen Tone e^2 mit zartem Timbre, der bei stärkerer Windgebung scharf und plötzlich in den vollen, grellen durch grosse Exkursionen gebildeten Ton h^1—c^2 übersprang. In obigem Falle (mit Anwendung der Metallpatte) erschien von diesen beiden Tönen nur der hohe, in vorigem Falle nur der tiefe; bei mehr Geduld und Versuch hätte ich den fehlenden Ton vielleicht auch noch erhalten.

Die letzterwähnten Versuche erregten mir aber doch wegen der auffallenden Resultate, die sie ergaben, einiges Bedenken hinsichtlich ihrer Richtigkeit, es war daher Wiederholung nothwendig. Zuerst operirte ich mit demselben Apparat und einem schmalen Bande, das pizzicato den Ton f^1 gab. Nach aufgelegter Pappplatte erschien beim Anblasen der Ton e^2, erst hauchend und wenig entwickelt, später, nachdem das Band gehörig feucht geworden, gut und leicht ansprechend, auch schwellbar. Dabei musste sich jedoch die Plattenzone des Bandes etwas mit heben können, wenn auch gerade keine Luft zwischen ihr und dem Plattenrande entwich. Crescendo erschien ein stärkerer, vollerer Ton c^2, aber, wie sich bei genauerer Betrachtung ergab, nur, nachdem das Band sich durch den Luftdruck von der Platte losgeschoben hatte und Luft zwischen Letzterer und dem betreffenden Bandrande entweichen konnte. Desgleichen gab ein in g^1 gestimmtes Band unter gleichen Verhältnissen den Ton d^2, piano sowohl als crescendo. Ferner ein in d^2 gestimmtes Band, mochte eine Metall- oder Pappplatte aufgelegt sein, den Ton g^2, welcher sich durch einige Relaxation der Pappplatte etwas erhöhte, so dass ich durch abwechselndes Aufdrücken und Loslassen des Fingers einen ganz guten Triller schlagen konnte.

Einen 1 Tertie unter dem Pizzicato-Ton liegenden Ton h¹ oder b¹ konnte ich nur durch Einziehen von Luft erhalten: es war also dieser Ton in der Plattenglottis gebildet, und als Aufschlagton zu betrachten. Jedenfalls war also auch jenes früher erhaltene tiefe a¹ ein solcher Ton gewesen. Wurde die Pappplatte soweit vom Bande abgezogen, dass sie nur den Rand des Letztern streift, so wurde zuweilen, wenn auch bald vorübergehend, ein Interferenzton gehört, der 1 Oktave tiefer als der hohe Blaston lag. Wurde die Pappplatte gleich von vorn herein nur locker aufgelegt, so dass offenbar Luft unter ihr und dem Bandrande durchstreichen konnte, so erschien ein Ton, der nur 1 — 1½ Stufe höher lag, als der Pizzicato-Ton, der aber beim Aufdrücken des Fingers sofort um 1 Tertie stieg, also die vorige Höhe erlangte. Dagegen war von einem solchen Rücksprung auf einen tiefern Ton, wie er oben erwähnt wurde, nichts zu erzielen. Wurde der zu deckende Rand zwischen zwei Platten geklemmt, so wurde der Anspruch etwas schwieriger, und der nach einiger Zeit der Aufblähung erscheinende Ton lag 1 Septime über dem Pizzicato-Tone. — Nahm ich statt des bisherigen schmalen ein breiteres, dünneres Band, das pizzicato den Ton fis¹ gab, so war der Blaston 1 Quinte höher, mochte die Platte aus Metall oder Pappe bestehen: durch Verschmälern des Bandes (Vorschieben der Platte) erhöhte sich dieser Ton bis zur Septime. Nahm ich endlich einen grössern Apparat (Stethoskopstürze von 16''' Durchmesser), wo der Rahmen, dem der tönende Bandrand auflag, durch eine untergeschobene Metallplatte vertreten war, so tönte der Blaston auch 1 Septime höher, als der Pizzicato-Ton, vertiefte sich crescendo etwas: ein tieferes Register war nicht zu erhalten.

Wie schon erwähnt, waren auch beim Einziehen des Windes, oder durch Anblasen von der obern Fläche dieses Apparats (vom Mundstück) aus, Töne möglich, d. h. nur dann, wenn die deckende Platte ohne sonstiges Bindungsmittel dem (für das Ausblasen) zu dämpfenden Bandrande auflag. Beim Einblasen schloss sich dann natürlich die Rahmentonritze, wofür sich zwischen Platte und darunter befindlichem Bandrande eine Tonritze bildete. Der Ton war in einigen darüber von mir (mit Holz- und Pappplatten) angestellten Versuchen etwa 1 Stufe höher, als der Grundton, klang gut, und wurde durch ziemlich denselben Mechanismus erzeugt, wie die Anblastöne, d. h. nur in der Plattenglottis. In den meisten Fällen jedoch war dieser Ton eine Sekunde bis Tertie höher, als der Pizzicato-Ton, wie schon erwähnt wurde; vielleicht war hier die andere Glottis zugleich thätig, was überhaupt einen vertiefenden Einfluss auf solche Töne auszuüben scheint (S. jedoch Vers. k.).

Uebrigens können wir jetzt wohl auch mit ziemlicher Sicherheit den Grund angeben, warum im vorigen Falle (Vers. a) aufschlagende Schwingungen vorkamen, in letzterem in der Regel nur schwebende. In ersterem Falle hatten wir zwei Stimmritzen: eine mittlere, durch welche der emporsteigende Luftstrom, ohne in seiner Richtung geändert zu werden, durchstreichen konnte; und eine seitliche, durch welche er nur unter einem rechten Winkel sich ablenkend streichen musste. Natürlich war der durch die mittlere Ritze gehende Strom wirksamer, als der durch die seitliche streichende, was auch schon die verschiedene Exkursionsweite der respektiven Bandzonenschwingungen auswies. Bei schwachem Blasen wurden die Exkursionen der äussern, über dem Rahmenrande liegenden Bandzone schwebende, und die Stösse fehlten; bei stärkerem Blasen, wo natürlich die Exkursionsweite der

Schwingungen dieser Bandzone zunahm, vermochte der unter ihr durchstreichende Luftstrom dieses „Schweben" nicht mehr vollständig zu unterhalten, weil, wie wir wissen, die innere Bandzone weiter abgetrieben wurde, grössere Exkursionen machte, und so eine Schiefstellung der Bandebene, aber, wie ich ausdrücklich bemerke, keine Schaukelbewegung bewirkte, wodurch die äussere Bandzone mit ihren Schwingungen in Konflikt mit dem Rahmen kommen müsste. Jede ganze, hinlänglich ausgiebige Wellenbewegung bewirkte also bei der Rekursion einen Stoss gegen den Rahmen, und erzeugte auf diese Weise das unangenehme, interferirende Timbre, dessen wir gedachten. In letzterem Falle war ausser dieser Tnoritze keine andere vorhanden, der ganze disponibele Luftstrom konnte hindurchgehen, und eine solche Störung, wie die eben gedachte, konnte nicht eintreten. Wir ersehen aus diesen Versuchen zugleich, dass dergleichen schnarrende Aufschlagtöne hier nur vorkommen, wenn gleichzeitig noch eine andere Tonritze thätig ist.

Endlich geht nun wohl auch aus dieser Untersuchung zur Genüge hervor, was man überhaupt von dem in akustischen Schriften so oft vorkommenden Ausdrucke „aufschlagende Schwingungen" zu halten hat. Man unterscheidet gewöhnlich die Zungenschwingungen in durchschlagende, und in aufschlagende. Durchschlagend nennt man sie, wenn sie innerhalb eines Rahmens dergestalt frei schweben, dass sie bei ihren Schwingungen nirgends anstossen können. Aufschlagend werden sie dagegen genannt, wenn sie, wie bei der Klarinette und manchen Zugenwerken der Orgel, über ihrem Rahmen so angebracht sind, dass, wenn man sie pizzicato davon abzieht und zurückschnellen lässt, auf denselben auftreffen oder aufschlagen müssen. Diese Wahrnehmung hat man nun ohne nähere Untersuchung auch auf die durch Anblasen entstehenden Tonschwingungen übertragen, und dieselben aufschlagende genannt, als ob die Zunge bei ihrer Tongebung, also bei jeder Rekursion gegen den Rahmen, wirklich und leibhaftig aufschlüge. Dies ist aber ein vollständiger Irrthum. Alle die hierher gehörigen Instrumente tönen mit schwebenden, nicht mit aufschlagenden Schwingungen. Bei der Klarinette findet zwar ein Aufschlagen statt, aber nicht gegen den Rahmen, sondern gegen die Oberlippe des Bläsers, wodurch dieses Instrument, beiläufig bemerkt, zu einem zusammengesetzten, zweizungigen wird.

c) Wir gehen jetzt weiter Fig. 113, und ändern an unserm Apparate weiter nichts, als dass wir das Band vom Rahmen *R* so weit abziehen, dass dessen äusserer Rand *a* nicht mehr über, sondern neben den Rahmenrand zu stehen kommt, und die Luft gerade in die Höhe neben dem Bande vorbei und herausstreichen kann. Den innern Bandrand *b* lassen wir einstweilen noch von der Pappscheibe bedeckt, und nehmen dieselbe nur einmal auf kurze Zeit weg, um den Grundton des Bandes pizzicato zu prüfen. Er sei f^1 *). Blasen wir den Apparat gehörig an, so treibt sich das Band, so weit es beweglich ist, stark ab, und fängt dann mit grossen einseitigen Transversalschwingungen zu schwingen an, wobei ein starker, voller, nicht sehr angenehm klingender Ton b^1 (Erhöhung um eine Quarte) sich hören lässt. Der gewöhnlich diesem Tone voranlautende schwache höhere Ton (d^2) hat seine besondere

*) Es ist für diesen Versuch gut, wenn das Band etwas stärker gespannt ist, damit beim Anblasen die Tonritze nicht zu weit wird, was die Tonbildung erschweren oder ganz unmöglich machen könnte.

Bedeutung, die wir jedoch erst später genauer untersuchen wollen. Die Rekursionen dieser Schwingungen gehen gewöhnlich, wenn diese einigermaassen weit gehen, etwas unter die Schwingungsebene (schlagen durch), aber nie so weit, als die Exkursionen über dieselbe. Zuweilen kommen dabei, wenn das Band dem Rahmenrande zu nahe steht, Aufschläge oder vielmehr Streifungen an demselben vor, welche den Ton widerwärtig machen. Ist das Band zu schlaff, so dass es durch den Luftstrom zu weit abgetrieben und dadurch die Stimmritze übermässig erweitert wird, da ist die Tonschwingung nicht füglich anders zu erreichen, als wenn man das Band verkürzt, was man an unserm Apparate leicht dadurch erreichen kann, dass man von den drei Fingern, mit den man die Pappplatte hält, die beiden äussern über die beiden Endstücken des Bandes schiebt. Der Ton wird durch diese Verkürzung natürlich höher, das Phänomen bleibt aber sonst dasselbe. Oder man schiebt eine auf den Rahmenrand *a* gelegte Platte *P'* vor, nur um jenen etwas zu erhöhen und in gleiche Ebene mit der obern Bandfläche zu bringen. Dann gelingt der Anspruch sehr leicht. Ebenso erhöht sich der Ton, wenn man die Pappplatte *P* weiter über das Band schiebt, so dass der schwingungsfähige Theil desselben verschmälert wird; nicht minder durch Verschmälerung der Tonritze, wofern eine solche überhaupt noch, was bei dieser Vorrichtung selten sein dürfte, möglich ist. Zu bemerken ist noch, dass der Ton bei diesem Schwingungsmechanismus sich etwas vertieft, wenn die Schwingungen an Exkursionsweite, der Ton also an Stärke zunimmt. Das Timbre anlangend, so klingen diese Töne bei guter Vorrichtung ganz leidlich angenehm, so lange sie einen gewissen Grad von Stärke (etwa $^1/_{15}$, s. S. 282) nicht überschreiten. Nahm ich statt des schmalen ein breiteres Band von $3^1/_2$''', so lag der (mit sehr ausgiebigen Exkursionen und ziemlich leichtem Anspruch erhaltene) Ton nur eine Tertie über dem Pizzicato-Ton, sein Timbre war gut und rein. Bei Anwendung des grösseren Apparats, wo der Rahmenrand durch eine vorgeschobene feste Platte vertreten war, betrug die Erhöhung über den Pizzicato-Ton 1 Sexte; das Timbre war aber nicht sehr angenehm. Bei Vornanspruch erschien zuerst ein 1 Septime über dem Grundton liegender Vorton, crescendo der Vollton, etwa 1 Stufe über dem Grundton, und zuweilen ein 1 Tertie tieferer Ton mit abweichendem Timbre und crescendo erhöhbar.

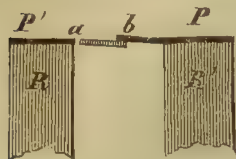


Fig. 113.

d) Wir lassen jetzt das Band an seiner Stelle, ziehen aber die Pappplatte wieder zurück, so dass zu beiden Seiten des Bandes eine Stimmritze besteht, auf der einen eine in eine Wand sich verlängernde, auf der andern eine, die eine völlige Höhlung unter sich hat, wie beistehender Durchschnitt zeigt, wo wieder *R R* den Rahmen, *L* das Band, *P* die Pappplatte bedeutet. Wird nun in der Richtung des Pfeiles ein Luftstrom gegeben, so sind nach Maasgabe der Lufttension und des Spannungsgrades des Bandes zweierlei Schwingungsweisen möglich. Erstens, bei schwächerer Luftgebung, wofern eine solche schon den erforderlichen Anspruch bewirkt, geräth das Band in die gewöhnlichen Transversalschwingungen der 1. Art, wobei es seiner ganzen Breite nach auf- und nieder exkurrirt und rekurrirt, natürlich nicht ohne dabei eine entsprechende Krümmung nach oben oder vom Luftstrom abwärts anzunehmen, und wobei wohl auch die Randzonen des Bandes noch ausserdem bei diesen Schwingungen etwas weiter exkurriren, als die mittleren



Fig. 114.

Zonen. Der Ton, der dabei gehört wird, ist wenig höher, als der Pizzicato-Ton: in dem Falle, den ich gerade vor mir habe, 1 Stufe höher. Bei Anwendung einer Holzplatte war er 1 Tertie bis 1 Quarte höher. Von vorn angesprochen ist die Wirkung dieselbe. Auch hier ist bei verhältnismässig (zur Länge des Bandes) zu grosser Schlaffheit nöthig, das Band etwas zu verkürzen oder oben und unten etwas niederzuhalten, damit es überhaupt für diesen Luftanspruch empfänglich werde. Liegt das Band zu nahe an den Kanten seines Rahmens, so geschieht es leicht, dass es bei seinen Rekursionen anstreift, und dadurch der Ton unrein, gleichsam heiser wird. Zweitens, wenn der Wind mit stärkerer Tension zu beiden Tonritzen hinausfährt, und wenn (was die Hauptsache ist) die Pappplatte dabei sich etwas aufwärts gewölbt hat, da schwingt das Band nach einem ganz andern, bisher noch nicht dagewesenen Mechanismus. Es stellt sich nämlich im ersten Moment der Schwingung aus seiner anfänglichen Lage *a c b* in die Richtung *f c g* (Exkursion für die Stimmritze *a*), im zweiten Moment geht es in die Gleichgewichtslage *a c b* zurück, und im dritten nach *d c e* (Rekursion für die Stimmritze *a*), welche letztere Bewegung durch den gleichzeitig durch die Stimmritze *a* fahrenden Luftstrom begünstigt wird, für welche diese Bewegung als Exkursion gilt u. s. w. Die Schwingungsaxe liegt also in *c*. Von vorn betrachtet sieht das Band während dieses Vorgangs so aus wie Fig. 116.

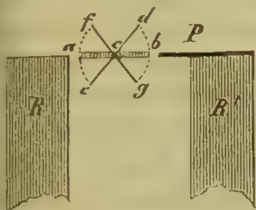


Fig. 115.

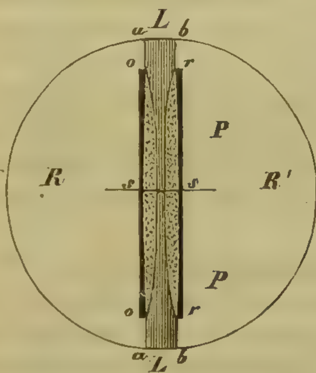


Fig. 116.

L L Kautschuk-Band.

o o und *r r* die beiden Tonritzen.

s s die schwingenden Theile des Bandes.

R R Rahmen, bis zur Tonritzenbildung gedeckt.

Wegen der Dauer des Gesichtseindrucks sieht man hier, wie bei allen solchen phonischen Schwingungen, das Band während des 1., respective 3., und des 2. Moments gleichzeitig. Die durch *s s* gehende Linie bezeichnet den in voriger Figur gegebenen Durchschnitt, wonach das Uebrige leicht erklärbar wird. Der schraffirte Theil des Bandes giebt die Verschmälerung oder Verkürzung seiner Breite an, unter welcher es sich von vorn betrachtet darbietet, wenn es abwechselnd in die Schieflagen Fig. 115 *d e* und *f g* gebracht wird. Dass übrigens das Band hier wirklich in der angegebenen Weise, also gleichsam flügel- oder schaukelförmig schwingt, und nicht rinnenförmige Umkrümmungen beider Ränder gleichzeitig erleidet, wie Jemand nach dem ersten Anblick der letzten Figur vermuthen könnte, beweist der Umstand, dass man, wenn man das Band während dieser Schwingungen in schräger der Bandstellung entsprechender Richtung abwechselnd von beiden Seiten betrachtet,

auf der einen Seite die Exkursions-, auf der andern die Rekursionsstellung desselben wahrnimmt, d. h. dass man schräg über die Bandfläche weg in die hintere Tonritze, die hier wegen des Niedergangs des Bandes sehr erweitert erscheint, sehen kann. Ferner lässt sich deutlich beobachten, dass das Band, man mag es von der einen oder der andern Seite betrachten, während des 2. Moments des Schwingungsvorgangs eine Flächendrehung um mehrere Grade erlitten hat, dass also hier das Band nicht mehr, wie in Fig. 115 gezeichnet ist, im 2. Moment in *a c b* steht, sondern eine Schräglage angenommen hat, etwa so wie Fig. 117, aus welcher es im 1. Moment nach *f c g*, im 3. nach *d c e* geht. Bei genauerer Betrachtung des Apparats ist es aber auch gar nicht anders möglich. Denn *P* steht höher, als *b*, *R* tiefer, als *a*. Beim Blasen der Luftsäule *s* gegen das Band muss daher der zur Glottis *a* ausfahrende Luftstrom das Band heben, der zur Glottis *b* ausfahrende dagegen dasselbe niederdrücken, vorausgesetzt, dass der Abstand des *P* von *b* nicht zu gering ist, und zugleich *P* etwas dem Winddruck nachgiebt. Daher gelangen die Rekursionen *d* nie so hoch, als die Exkursionen *f*, was sich im Hohlspiegel deutlich erkennen lässt. Demnach kommen die Schaukelschwingungen dadurch zu Stande, dass gleichzeitig ein Luftstrom die eine Kante hebt, und ein anderer Luftstrom die andere Kante senkt; der erstere Luftstrom muss also unter, der andere über dem Bande ausfahren. Es gelingt schlechterdings nicht, diese Schaukelschwingungen zu erzeugen, so lange die vorgeschobene Platte *P* in gleichem Niveau mit dem Bande sich befindet. Daher ich dieselbe bei Anwendung einer Holz- oder Metallplatte niemals habe erhalten können.

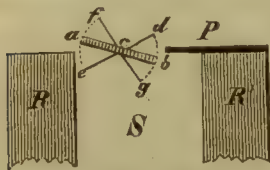


Fig. 117.

Wurde dieser Apparat umgekehrt angeblasen, so dass der Wind von aussen auf die Bandebene fiel, so erschien bei Pizzicato-Stimmung fis¹ der Ton e², gewöhnlich mit der Interferenzoktave e¹ begleitet. Dem e² ging oft ein Piano-Vorton c² voraus, diesmal also ein tieferer. Im vorigem Vers. c) war er bedeutend höher.

So viel vom Mechanismus dieser Schaukelschwingungen. Was ihre S c h w i n g u n g s z e i t anlangt, so ist diese l ä n g e r, als die der vorigen einfachen Transversalschwingungen; in den bisher von mir angestellten Versuchen habe ich den Ton, der dabei erzeugt wird, gewöhnlich eine grosse Tertie t i e f e r gefunden, als den entsprechenden Transversalton. Sie liegen also etwa eine Stufe tiefer, als der Pizzicato-Ton, doch können sie auch, wo der Blaston eine Quarte über den Pizzicato-Ton geht, mit letzterm so ziemlich übereinstimmen. Wir werden dergleichen Schwingungen noch einmal begegnen und dann noch weiter darüber sprechen.

e) Wir schieben jetzt das Band genau in die Mitte des Apparats, wie es zu Anfang stand (Fig. 109), und decken beide Spalten mittels zweier dünner Papp- oder Holzscheiben so zu, dass zwei gleichmässige Tonritzen entstehen, die etwa $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{5}$''' weit sind. Der Apparat wird von hinten angeblasen, so dass der Luftstrom, wie bei vorigen Versuchen, in der Richtung des Pfeiles auf das Band *L* trifft. Vorher wurde der Grundton pizzicato geprüft, er war c¹. Beim vollen Luftanspruch hob sich das Band über das Niveau *P P* und fing an zu schwingen nach No. 1., wobei der Ton e¹ gehört wurde,

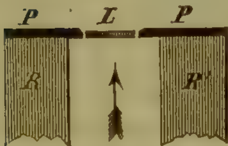


Fig. 118.

eine Tertie höher als der Grundton. Auch bei meinen frühern Versuchen dieser Art war immer eine Erhöhung des Grundtons, wenn auch nicht allemal eine grosse Tertie betragend, wahrzunehmen. Wurde die eine Platte näher, fast bis zur Berührung, gegen das Band geschoben, so erhöhte sich der Ton um etwa $^1/_2$ Stufe; wurde auch noch die andere Platte angeschoben, so hörte die Tonbildung auf. S. jedoch weiter unten. Wurden dagegen die Tonritzen etwas erweitert, so fiel der Ton um $^1/_2$ Stufe, wurde aber auch heiser und hauchend. Im Uebrigen verhielten sich diese Töne wie die der Saiten. Das Timbre dieser Töne war nicht sonderlich, wenigstens war der Anspruch nicht leicht und schnell.

Ueber denselben Rahmen wurde nun ein neues Band gestülpt, das genau (bei Anspannung) so breit, als die Apertur weit war (Fig. 119 *A.*). Es gelangen hier folgende Tonphänomene. Pizzicato h^1. Beim Ausblasen (Windrohr) gelang piano kein Ton, erst bei starkem Luftdruck tönte d^2 (eine Tertie Erhöhung) mit gewöhnlichen Schwingungen, mit einem eine Stufe höhern Anlaut einsetzend. Bei richtiger Stellung des Bandes war der Ton rein und stark, ohne Beiton, bei etwas Verschiebung erschienen Interferenzen: die Exkursionen beider Ränder waren nicht ganz gleich. Beim Einblasen (Ansatzrohr) erschien ziemlich leicht ein dumpfer tiefer Ton e^1 (eine Quinte tiefer). Wiederholung: Pizzicato b^1, Blaston von vorn f^1, eine Quarte tiefer.

Derselbe Ton (d^2) der Stufe nach, aber von sanfterem Timbre und weit leichterem Anspruch erschien, wenn der Apparat Fig. 119. *C.* von hinten angeblasen wurde. Der Rand *a* hob sich nur wenig, nicht über die Höhe der

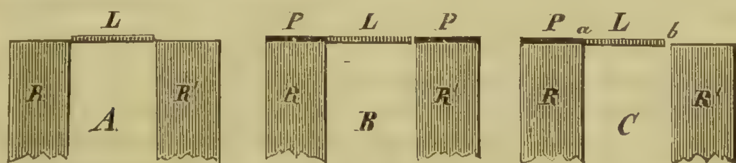


Fig. 119.

Platte, die tongebenden Schwingungen fanden nur am Rand *b* statt; daher war der Ton nicht so voll, als bei Fig. *A.* (Ansatzrohrton wie oben, e^1). Bei Vorrichtung Fig. 119. *B.* ertönte der Grundton h^1 (bei Wiederholung eine Stufe höher); Luftdruck ziemlich stark, hauchend, Timbre nicht sehr hell, Intensität nicht gross, Ansatzrohrton e^1 wie oben. Wurden die Platten stärker angerückt, so erhöhte sich der obige Grundton beim Ausblasen um eine Quinte; zuweilen tönten beide Töne gleichzeitig, interferirend, jedenfalls in der einen Glottis der eine, in der andern der andere Ton. Desgleichen beobachtete ich eine nambafte Tonerhöhung, wenn ich den anfänglichen Apparat wieder herstellte, und die beiden Holzplatten gegen das Band von 2‴ Breite hart anschob. War bei hinlänglich weiten Tonritzen der Blaston mit dem Pizzicato-Tone ziemlich übereinstimmend, so hatte er sich jetzt um 6—7 Stufen erhöht, auch sein Timbre verändert. Bei sehr schwachem Anspruch lag der Ton genau eine Oktave über dem Grundton, crescendo vertiefte er sich um 1—2 Stufen. Doch fand diese bedeutende Tonerhöhung nur Statt, wenn die eine Platte das Band etwas verdrängt hatte, so dass der Bandrand nach dem Experiment sich nicht mehr neben, sondern über den Plattenrand gelegt hatte. Vergl. Versuch h). Ein kleiner Stufenunterschied fand statt, je nachdem ich den Anspruch von *A* durch direkten Mundanspruch von vorn, oder durch Ein-

ziehen der Luft von hinten aus bewirkte. Im letztern Falle lag der Ton in der Regel $1/2$ Stufe höher, als in ersterem. War bei Vornanspruch der Ton z. B. eine Quarte tiefer, als Pizzicato, so wurde er beim Lufteinziehen auf die grosse Tertie erhöht.

Wenn der eine oder andere Bandrand der Rahmenwand so nahe liegt, dass er beim Einschlagen anstreift, so ertönt der hohe Ueberschlagton mit oder ohne den tiefen Einschlagton. Z. B. bei Pizzicato-Stimmung in a^1 gab der Apparat die Töne d^2+f^1.

Wenn man unter diesen Verhältnissen unter den einen Bandrand (Fig. 120) eine dünne Platte schiebt, und dann den Apparat in der angegebenen Weise von vorn anspricht, so kann es sogar vorkommen, dass drei Töne gleichzeitig ertönen. In dem von mir beobachteten Falle hatte die Platte *P* in ihrer Mitte eine kleine Vertiefung, mittels welcher beim Anspruch Luft zwischen ihr und dem Bandrande eindringen konnte. Die Töne waren (bei Pizzicato a^1) d^2 f^1 b. Bei 2′ Ansatzrohr fiel das f^1 auf d^1, die andern Töne blieben, wenigstens der hohe. Nur der tiefste Ton fungirte dabei als Interferenzton, doch liess sich auch der mittlere als *tremolo* angeben — Durch Rohransätze werden diese tiefen Töne noch mehr vertieft: wo zwei oder drei Töne anfangs vorhanden waren, bleibt dann gewöhnlich der eine oder andere weg, um vielleicht bei einem gewissen Maximum der Ansatzrohrlänge wieder zu erscheinen. Bei 12″ Ansatzrohr tönten d^2 + g. Weitere Vertiefung des Tieftons war nicht möglich. Wir kommen später auf diese Vertiefung zurück.

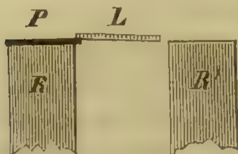


Fig. 120.

f) Wurde nun das eine Endstück der einen Randzone des vorigen, schmalen Bandes mit dem Finger (oder sonst wie) gedämpft, niedergehalten, so entstanden ganz rasch und leicht ausgiebige stehende Schwingungen, die einen höher klingenden Ton gaben (fis^1 oder g^1). Diese Wirkung trat auch zuweilen ein, wenn die Platten*) sehr nahe angeschoben waren, und Tonbildung nach No. 1. gar nicht mehr möglich war. Bei genauerer Betrachtung dieser Schwingungen ergab sich, dass es Schaukelschwingungen waren, wie die bei der Reihe d) beobachteten. Die Ursachen der Schaukelbewegung lag auch hier in der ungleichen Luftausströmung aus beiden Tonritzen. Durch die Depression wurde die eine Bandkante tiefer gestellt, als die Ebene der anstehenden Platte, so dass der zwischen beiden ausfahrende Luftstrom den Bandrand deprimirte, während der aus der andern Glottis ausfahrende Strom seinen Bandrand hob. In einem andern Versuche, wo das Band pizzicato den Ton a^1 gab, erhielt ich sofort, nachdem ich die eine Platte konkav, die andere konvex gekrümmt hatte, Schaukelschwingungen, deren Ton dem Pizzicato-Tone sehr nahe kam. Zuweilen setzte der Ton *mf* mit dem Grundtone a^1 oder b^1 ein, und crescendo entwickelten sich die Schaukelschwingungen, die den Ton g^1 gaben, eine Stufe unter dem Pizzicato-Grundton, wie wir schon früher (Vers. d) beobachtet haben. Dieser Ton wurde bei gleichbleibendem Mechanismus um eine Tertie erhöht, kam also auf h^1, eine Stufe über den Pizzikato Ton, wenn ich, wie in vorigem Versuch, das eine Endstück der Kante, welche tiefer stand, als ihre Platte, in einem Betrage von etwa 2‴ deckte oder dämpfte. Dagegen gelang der Versuch nicht, wenn ich einen Theil der höher stehenden Bandkante dämpfte. Von Interesse ist in dieser Hinsicht auch folgender Versuch (Fig. 122). Wenn ich den Dämpfer *R*, der bis jetzt nur die Randzone in der Ausdehnung *o—r* ge-

*) Diese müssen aus starkem Kartenpapier bestehen, aber sich etwas krümmen können. Mit starren Holzplatten gelingt der Versuch nicht.

deckt, und so zu einem Schaukelton Anlass gegeben hatte, in der Richtung rs vollends über die ganze Breite des Bandes weg schob, und dann wieder den Apparat anbliess, so kehrte die Schwingungsart No. 1. wieder, und es erklang ein Ton, der bedeutend, in einem Falle eine ganze Quinte höher lag, als der vorige Schaukelton, welcher nur etwa eine Stufe höher war, als der No. 1-Ton des Bands in ganzer Länge. Demnach wird durch die gegenwärtigen Versuche das Ergebniss der vorigen, bei welchen die Schaukeltöne etwa eine Tertie tiefer gefunden wurden, als die entsprechenden Transversaltöne (No. 1), keineswegs umgestossen oder als etwas Zufälliges dargestellt, sondern vielmehr bestätigt und zum Gesetz erhoben. Sehr natürlich ist es ferner, dass sich die Schaukelbewegung gleichfalls herstellt, wenn die eine Randzone an beiden Endstücken gedämpft wird; auch blieb das Phänomen in einem Falle, wenn ausser dieser doppelten Dämpfung noch das eine Endstück der andern Randzone schwingungsunfähig gemacht wurde. Der Ton wurde unter diesen Umständen entsprechend höher. Zuweilen ist der Mechanismus dieser Dämpfungen, besonders wenn man dazu sich der Finger bedient, so beschaffen, dass bei schwächerem Blasen die Schaukelbewegung, bei stärkerem dagegen die No. 1. eintritt: allemal erhöht sich bei letzterer gegen erstere der Ton um eine Tertie. Wenn ich die eine Randzone an drei Stellen dämpfte, an beiden Endstücken und in der Mitte, so war keine stehende Schwingung mehr möglich; desgleichen ist keine Schaukelbewegung mehr möglich, wenn die eine Randzone am einen, die andern am andern Ende des Bandes gedämpft wird, weil dadurch beide Randzonen deprimirt werden. In diesem Falle muss man stärker blasen, um ein Tonphänomen zu erhalten, das dann durch Schwingungen von No. 1. zu Stande kommt, und nicht anders beschaffen ist, als wenn man die beiden Endstücken des Bandes in ganzer Breite gedämpft hätte. Dagegen entstand die Schaukelschwingung ganz schön, aber gleichsam *in duplo*, oder übers Kreuz gehend, wenn der Finger oder Dämpfer bloss auf die Mitte der einen Randzone gelegt wurde: es schwang hier der freie Rand in ganzer Länge, der andere mit jenem alternirend in zwei Abtheilungen. Der Ton war dabei weit (etwa eine Tertie) höher, als wenn der Dämpfer an ein Endstück gelegt wurde: in dem von mir beobachteten Falle lag er eine Septime höher, als der Grundton. — Das Timbre dieser Schaukeltöne ist angenehmer, als das der gleichhohen Transversaltöne, die Grösse oder Tonfülle dagegen zeigt wenig Unterschied. Sie geben kein besonderes Register, da die Tonlage derselben mit der des Grundregisters ziemlich übereinstimmt.

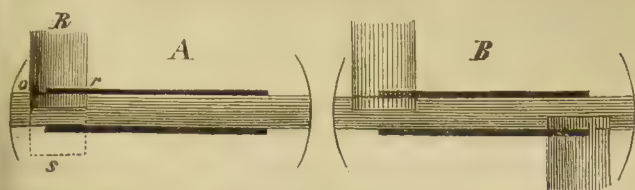


Fig. 121.

g) Wir gehen abermals einen wichtigen Schritt weiter, indem wir die eine Platte (Fig. 122.) etwas über den ihr anliegenden Bandrand schieben, so dass derselbe vollkommen schwingungsunfähig wird, und alle Tonbildung nur in einer wahren Stimmritze, mittels einer der beiden Bandrandzonen, also nach der dritten Art unserer Schwingungen, hervorgebracht wird. Am meisten Aehnlichkeit hat jetzt der Apparat, der fast schon wie ein halber Kehlkopf aussieht, mit dem des Versuch f), nur lag dort die Stimmritze nicht in der Mitte, sondern an der Seite, und die Tonbildung war weit unvollkommener.

Wurde er auf die gewöhnliche Art angeblasen, so war ein Ton vernehmlich, der erstens über den ursprünglichen Grund- oder Pizzicatoton c^1 eine kleine Sexte lag, er war as^1, der ausserdem ein Timbre hatte, das alle bisherigen Töne an Reinheit und Wohlklang weit übertraf. Namentlich auffallend war die Leichtigkeit, mit der dieser Ton ansprach und sich vom leisesten Piano bis zum Forte schwellen liess. Bei diesem Schwellen vertiefte er sich etwas. Die Tonschwingungen erschienen, wie mir vorkam, am leichtesten dann, wenn bei *b* zwischen der deckenden Platte *P* und dem gedeckten Bandrande (wenn auch nur in kurzer Ausdehnung) etwas Luft hindurchstrich, welcher über die obere Fläche des Bandes streichende Strom, wenn er auch sonst keine grosse, namentlich keine neue, akustische Wirkung hervorbrachte, doch auf das durch den aus der Tonritze *a* ausfahrenden Luftstrom gehobene Band deprimirend einwirkte und so die Wellenbildung desselben ausnehmend förderte, so dass, nachdem dieser Mechanismus einmal eingeleitet war, gar keine grosse Luftgebung erforderlich war, um die Tonbildung in der angegebenen Weise zu unterhalten. Wir werden bald auch sehen, dass auf diese Weise die Wellenbewegung verlangsamt wurde. Bei einer Wiederholung dieses Versuchs sprach die wahre Stimmritze nicht sofort an, weil die Platte den Bandrand etwas zurückhielt. Dafür bildete sich in jener falschen Stimmritze *b* ein Ton, wenig höher als der Grundton; beim Stärkerblasen riss sich der andere Bandrand los, und es kam der eigentlich beabsichtigte Stimmritzenton mit stärkerem Timbre und etwa zwei Stufen Erhöhung zum Vorschein. Kurz, es musste diesem Uebelstande (wenn es überhaupt einer war, denn bei Forschungen auf einem neuen Gebiete ist am Ende jede Wahrnehmung von Nutzen) abgeholfen werden. Ich klebte daher die deckende Platte mittels Heftpflasters auf den zur Ruhe zu bringenden Bandrand auf, so dass keine Luft mehr dazwischen entweichen konnte. Lange Zeit wollte nun keine Tonschwingung mehr gelingen, ich mochte den Wind geben, wie ich wollte. Das Band hob sich durch den Wind ventilartig auf, gerieth aber nicht in Schwingungen, d. h. es machte keine Rekursionen. (S. jedoch unten die Wiederholung dieses Versuchs.)

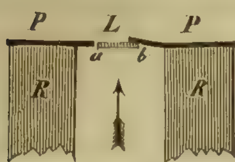


Fig. 122.

In der Vermuthung, dass die Platte *P*, die freilich bloss aus Kartenpapier geschnitten war, zu dünn, und dadurch der durch die Tonritze entweichende Luftstrom zu rasch diffundirt worden sei, legte ich auf diese Platte noch eine dickere Holzplatte (Fig. 123 *A*.), und stellte auf diese Weise ein sogenanntes Gegenlager her, das dick genug war, um die Stimmritze einigermaassen zu kanalisiren, d. h. ihr eine senkrecht stehende Wandfläche *o r* zu geben, vor welcher der Bandrand, was er vorher in freier Luft hätte thun müssen, seine Ex- und Rekursoinen ausführen konnte. Jetzt gelang die Tonschwingung, wenn auch etwas mehr Luftdruck dazu nöthig war, als im vorigen Falle. Der Ton lag daher natürlich höher, c^2—d^2, eine Oktave bis None über dem Grundton, hatte aber sonst ziemlich dieselben Eigenschaften, wie der vorige, nur dass er gewöhnlich nicht so leicht ansprach. Die Exkursionen liessen sich durch stärkeres Blasen sehr weit, weit über *r* hinaus, treiben, wobei der Ton wieder tiefer wurde

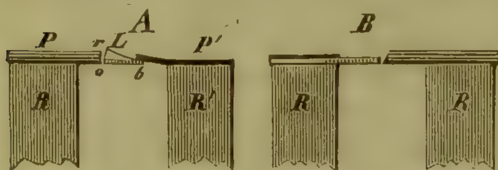


Fig. 123.

und bis auf h^1 fiel. Zuweilen, wenn der Rand *b* noch durch eine aufgelegte Holzplatte beschwert wurde, kam es nicht zu vollen Exkursionen, sondern es schien nur der Rand mit kleinen Exkursionen zu schwingen, wobei das Band nur wenig aufgehoben wurde. Der Ton war schwach und etwas höher, als die mit vollen Exkursionen erhaltenen Töne. Bei späterer Wiederholung sprang dieser Ton, wenn mehr Luft gegeben wurde, in ein lauteres Register über, s. den folgenden Versuch.

Da jedoch nach einigen Versuchen die aufgeklebte Randzone bald feucht ward, und wieder Luft zwischen ihr und der aufliegenden Platte durchdrang, so schob ich eine dünne Stahlplatte unter diesen Bandrand und drückte derselben parallel eine Holzplatte auf, so dass der Bandrand zwischen diesen beiden Platten fest eingeklemmt war, und nun unter keiner Bedingung Luft neben ihm durchstreichen konnte. Die übrige Einrichtung blieb dieselbe. Beim Anblasen entstand bald ein den vorigen ähnlicher Ton, der jedoch noch etwa eine Tertie höher lag: fis^2. Später fand ich, dass eine feste dem zu dämpfenden Membranrand aufgelegte Platte keine Befürchtung zu einem unerwünschten Luftdurchgange giebt, und dass man bei solcher Vorrichtung ganz gute, etwa eine Oktave über den Grundton liegende Töne erhält, wofern man nur die dem Rahmen aufliegenden Endstücken des Bandes gehörig fixirt, und alle daselbst anstrebende Luft zurückhält, so dass der Luftstrom ungeschwächt auf die Mitte der Tonritze einwirken kann.

Da ferner das Band durch die erwähnte Vorrichtung eine etwas schiefe Lage bekommen hatte, so änderte ich diese nun dergestalt ab, dass ich die Randzone des Bandes über die mit Klebpflaster bestrichene Rahmenkante zog, und über jene, soweit sie auflag, eine feste Platte aufdrückte. Durch Vorrücken der andern Holzplatte wurde wieder die Tonritze hergestellt. Der Erfolg war einfach, das Band schwang wie vorher, der Ton war etwas tiefer, dis^2—e^2, liess sich durch Verengen der Tonritze erhöhen, durch Schwellen des Anspruchs vertiefen. Uebrigens braucht das Gegenlager nicht allzu dick zu sein: schon wenn es durch eine ziemlich dünne Stahlplatte gebildet wurde, gelangen die Tonphänomene sehr gut.

h) Aber am feinsten und subtilsten setzten die Töne ein, und das ganze Tonphänomen war am vollkommensten, wenn die Platte *P'* Fig. 124. so weit angedrängt wurde, dass der Bandrand ein wenig auflag: Weit entfernt also, dass eine so grosse Gegeneinandernäherung der Tonmittel störend einwirkte, wie vielleicht nach andern Wahrnehmungen vermuthet werden könnte, wurden vielmehr bei diesem Versuch die Bedingungen eines schönen Tones noch ungetrübter erfüllt, als bei dem Versuch g) Fig. 122.

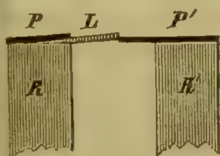


Fig. 124.

Alle bisherigen Töne waren mehr oder weniger durch unbenutzt durchstreichende oder „wilde" Luft verunreinigt. Sie hauchten eine Masse Luft heraus. Hier ist es ganz anders; hier fühlt der vor die Tonritze gehaltene Finger während der Tongebung kein Hauchen, ebenso wenig wie vor dem legitim tönenden Kehlkopf.

Die Schwingungszahl war etwas höher, als bei den letzten Tönen, f^2, stieg aber auf g^2, wenn die Stahlplatte noch ein wenig näher geschoben wurde: also auf eine Stufe, die um eine Duodecime höher stand, als der Grundton des freien Bandes. — Eine Wiederholung dieser Versuche an einem grössern Rahmen (Stethoskop) mit einem $3^2/_8$''' breiten Bande, dessen eine Kante durch zwei Platten fixirt wurde, und dessen freier Kante ein festes Gegenlager mehr oder weniger in-

nig genähert wurde, ergab ähnliche Resultate. Stand Letzteres etwas ab, so dass eine offene Glottis gebildet wurde, so lag der Ton eine Quinte oder Sexte über dem Pizzicatoton; wurde es der Kante bis zur Berührung genähert, so erhöhte sich der Ton: wurde es etwas übergeschoben und die Luft eingezogen, so erschien ein Ton, der fast genau eine Oktave höher war, als der Grundton.

Von sogenannten Interferenzen oder sonstigen Tonverunreinigungen war bei allen diesen Nichts wahrzunehmen.

Wurde das wie Fig. 122 beschaffene Instrument von vorn angesprochen, so entstand ein Ton, der etwa eine Quarte tiefer lag, und ein anderes Timbre besass, als der bei Hintanspruch erhaltene; er war also eine Sekunde höher, als der Pizzicato-Ton. Wahrscheinlich entwich hier Luft unter der Deckplatte hinweg. Bei der Disposition Fig. 124 dagegen gab der Vornanspruch bald einen tiefern, bald einen höhern Ton, zuweilen war aber auch fast kein Unterschied in der Tonlage herauszuhören. Z. B. Pizzicato: h^1. Blaston von hinten: f^2, von vorn: c^2. Die Platte fast bis zur Berührung angerückt: Blaston von hinten f^2 (unverändert), von vorn d^2 mit Interferenzton g^1. Crescendo wird das g^1 vorherrschend, als Aufschlagton. Bei noch mehr Andrängung der Platte gegen den Glottisrand tönt von vorn g^2, zuweilen mit Interferenz- oder Wechselton es^2 oder d^2. Bei *forte* nur g^2. Ueberhaupt lassen sich durch Verschiebungen der beiden Platten, durch Laxirung der Adhärenz der gedeckten Bandzone und der Deckplatte, durch verschiedene Tension der Luftsäule u. s. w. sehr verschiedene Tonmodifikationen erzeugen. Gewöhnlich ist der bei Vornanspruch erhaltene Ton hier etwas tiefer, als der bei Hintanspruch. Zuweilen gelingt bei Vornanspruch des Apparats g) nicht eher ein Ton, als bis man eine Platte unter die zu fixirende Bandkante geschoben hat. Vertiefen lassen sich diese Töne durch Rohransätze im Allgemeinen bis in die Nähe des Grundtons, dann erfolgt Rücksprung. Lag aber der Primärton verhältnissmässig hoch über dem Grundton (z. B. eine Septime), so beträgt die Vertiefung selten mehr, als eine Quarte oder Quinte. Darüber später noch ausführlicher.

i) Bisher hatten wir in der Regel mit einem ziemlich schmalen über eine viereckige Oeffnung gespannten und dieselbe nur zum kleinern Theil deckenden Bande operirt. Jetzt nahm ich 1) ein fast 4‴ breites Band, spannte es wie in beistehender Figur auf, und brachte die aus starkem Kartenpapier bestehende Deckplatte *P* so an, dass ihr Rand *b* allenthalben den anstossenden Bandrand etwas überragte, beide Enden der Platte fest auf letzterem auflagen, dieselbe aber im Uebrigen eine konvexe Fläche *B* bildete, so dass zwischen Platte *PP* und Band *LL* eine gestreckt halbmondförmige Oeffnung *o o* blieb. Das Band gab pizzicato den Ton c^2, bei Vornanspruch den reinen Blaston e^2. Bei Hintanspruch waren die Tonphänomene komplicirter. Bei mässig starker Luftgebung blieb die Zone *a* ruhig liegen, die gegen die Platte schlagende Zone *b* gab den etwas dumpfen Ton g^1, der aber sehr sonor wurde, sobald diese Zone mit dem Finger fixirt wurde, und eine Quarte tiefer lag, als der Pizzicato-Ton. Crescendo war das ganze Band thätig und es erschien der vollere und stärkere Ton e^1, eine Sexte tiefer, welcher oft mit der Oberoktave e^2 begleitet war. Zuweilen erschien auch dieses e^2 allein, wenn nur überschlagende Schwingungen zu Stande kamen. Wurde die Platte mit dem Finger niedergedrückt, so

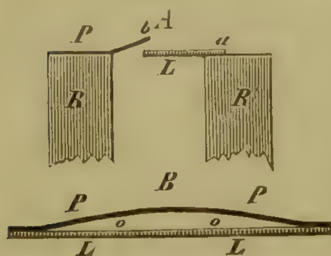


Fig. 125.

tönte der hohe Ton e^2 (oft etwas höher) allein (nur von der Zone *a* gebildet); nach Zurückziehen des Fingers kam wieder e^1 mit oder ohne e^2, oft nach Vorausgang des Vortons g^1, der dumpfer war und wobei die Zone *a* ruhig war. Zuweilen (besonders wenn der Apparat noch trocken war) ertönte zuerst ein sehr hoher Ton c^3, eine Oktave über den Grundton, wahrscheinlich ein Aliquotton, wie bei dem folgenden Versuche. Jener Tiefton e^1, dessen Timbre ziemlich hässlich war, liess sich durch Verlängerung des Windrohrs nicht vertiefen, wohl aber der durch einseitige Schwingungen gebildete höhere Ton g^1, der sich durch Rohransätze (10″) allmälig bis auf die enorme Vertiefung von e (Decime) bringen liess, worauf er auf den Primärton zurücksprang. Der ganze Tonumfang dieses Instruments betrug demnach drei Oktaven. 2) Hierauf nahm ich einen ringförmigen Rahmen (Fig. 126.), der die Apertur eines kegelförmig ausgehöhlten kurzen Holzcylinders (Lännek'schen Stethoskops älterer Form) bildet, und 16‴ im Durchmesser beträgt. Ueber diesen Cylinder stülpte ich ein Band aus vulkanisirtem Kautschuk, das so breit war, dass es fast die Hälfte der ganzen Apertur deckte, demnach eine halbmond- oder fast halbkreisförmige Fläche von 16‴ Länge und 6¼‴ Breite darbot, und namentlich gegen den Rahmenrand hin keine Lücke liess. Freilich war dadurch die Spannung der innern Zone eine etwas stärkere geworden, als die der äussern, den Rahmenrand deckenden, doch kommt darauf hoffentlich nicht so viel an. Dieser freie Rand wurde zunächst pizzicato intonirt, wobei er den sehr wohl vernehmlichen

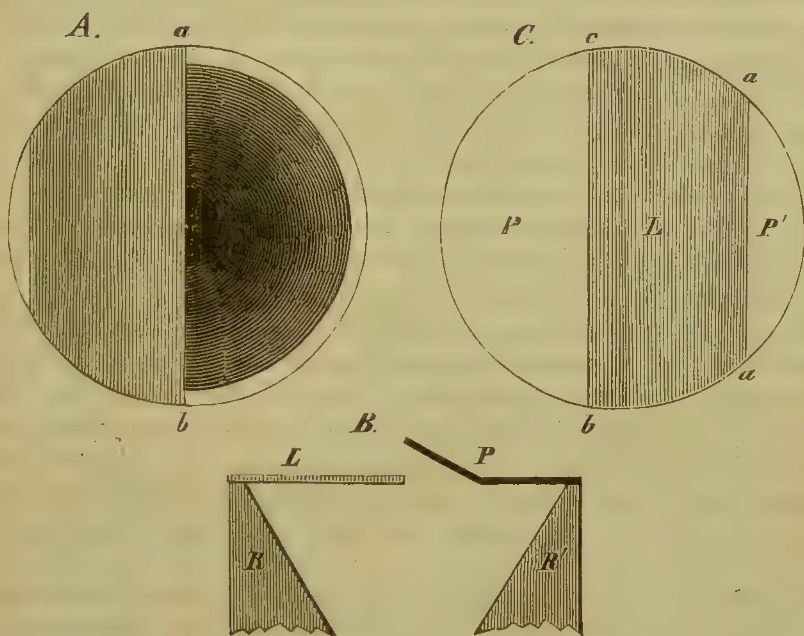


Fig. 126.

und gut klingenden Ton es^1 gab. (Später zog sich derselbe in Folge der Durchfeuchtung auf d^1 herab, stieg aber auch wieder nach dem Trockenwerden auf es^1.) Es wurde nun (Fig. 126 *B.*) über die freigebliebene Portion der Apertur ein starkes Kartenblatt *P* geklebt, aber so, dass dessen gegen den Bandrand sehende halbe Breite umgestülpt oder scharnierartig aufwärts bewegt werden konnte. Lag dieses Blatt völlig dem Rahmen auf, so überragte dessen

Rand den des Bandes um etwa $1/3'''$. Durch Auflegen einer Holz- oder Metallplatte wurde dies Blatt starr, ohne eine solche gestattete es dem Wind einigen Einfluss auf seine Fläche. Wurde diese „Klappe" so niedergelegt, dass nur ein Theil davon das Band berührte, so tönte beim Anblasen die Oberoktave es^2 (d^2). Derselbe Ton erschien, wenn die Klappe etwas mehr abstand und die Tongebung verstärkt wurde. Das Band trieb sich dann auf, so dass es die Klappe berührte und dabei in Schwingungen gerieth. Dabei war deutlich zu sehen, dass es Aliquotschwingungen der Länge nach waren, und zwar mit freiwilliger Bildung einer Knotenlinie in der Mitte der schwingenden Zone des Bandes. Unterstützt wurde die Bildung dieses Knotentones durch leises Auflegen eines Fingers auf die Mitte der Klappe.

Wurde die Klappe ganz niedergelegt, so dass die Endstücken derselben mit den Fingern mässig gehalten wurden, so bildeten sich in der zwischen Klappe und Bandrand entstandenen horizontal liegenden Spalte aufschlagende Schwingungen, die einen eine Septime unter dem Grundtone liegenden Ton f gaben, welcher ein dumpferes Timbre hatte. Dass dieser Ton nicht völlig bis auf die Oktave es (oder d) sank, hatte wohl seinen Grund in einer kleinen Verkürzung der schwingenden Theile in Folge der Deckung mit den Fingerspitzen. Bei einer spätern Wiederholung dieses Versuchs lag der Ton in der That genau eine Oktave tiefer. — Der Grundton es^1 liess sich auf keine Weise beim Ausblasen erzeugen, wenn die Klappe beiderseits fixirt war. Doch erschien (bei Wiederholung) wenn die Platte etwas weiter über den Bandrand geschoben war, zuweilen ein 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stufen über dem Grundton liegender durch überschlagende Schwingungen entstandener Ton, der sich aber nach Belieben in den Aufschlagton umwandeln liess.

Wurde dagegen bei derselben Disposition der Theile die Luft eingezogen, so erschien der Ton g^1, dessen Timbre weit angenehmer war, als das des vorigen Tons, und sich dem vorhin (bei Wiederholung) erhaltenen höhern Tone analog verhielt. Derselbe Ton erschien auch bei ziemlich weit geöffneter Klappe, denn durch das Einziehen der Luft wurde dieselbe angesaugt. Bei etwas stärkerem Zuge wurde dieser Ton von dessen tieferer Oktave g begleitet, in Folge der Schläge der Membran gegen die Klappe, welcher Ton jedenfalls auf gleichem Mechanismus beruht, wie jenes vorhin erhaltene f.

Es wurde nun der Versuch gemacht, dergleichen tiefe Töne zu erhöhen. Durch Dämpfen des Bandes von hinten (vom Rahmenrande) aus liess sich der letztere Ton fast gar nicht sukcessiv erhöhen; er sprang vielmehr sehr bald bei diesem Versuche scharf nach *b* um, das ein ganz anderes, helleres Timbre hatte, und nun sich durch sukcessives Vorrücken der dämpfenden Fingerspitze bis fast zum Rande auf des^1, also fast bis auf den Grundton erhöhen liess.

Wenn beim Einziehen des Windes, ohne dass die Finger die Klappe berührten, so eben der Ton $g^1 + g$ erhalten war, und nun sofort ausgeblasen wurde, bevor die Klappe sich wieder völlig aufgerichtet hatte, so tönte bisweilen ein ziemlich guter, aber wenig sonorer Ton, der eine grosse Tertie tiefer lag, d^1. Derselbe Ton, nur ein wenig höher, also fast genau der Grundton, erschien regelmässig, wenn bloss das eine Ende der Klappe niedergehalten und dabei ausgeblasen wurde. Die Klappe gerieth dann, soweit sie beweglich war, in lebhafte Mitschwingungen, nach Art einer festen einseitig fixirten Zunge. Die Membran schwang dabei vollständig.

3) Ich änderte nun den Apparat so ab, dass das Band etwas weiter nach

der Mitte gezogen wurde (Fig. 126. *C.*) und gegen den Rahmen noch eine Oeffnung blieb, die durch eine ähnliche Pappplatte *P'*, deren Kante etwas unter die hiesige Bandkante geschoben ward, geschlossen wurde. Es konnte nun das Band, was es bisher nicht that (denn die äussere Kante desselben wurde immer der Vorsorge wegen fixirt) in ganzer Ausdehnung, oder bei Fixirung der Aussenkante, einseitig schwingen. Der Pizzicato-Ton war f[1]. Wurde die Deckplatte *P* etwas über die Zone *b c* geschoben, mit drei Fingern gehörig fixirt, und eine kleine Konvexität dabei bewirkt, so dass durch die Glottis *c b* Luft streichen konnte, und der Rand *a a* nicht fixirt, so erschien der eine Oktave unter Pizzicato liegende Aufschlagton f. Wurde *a a* fixirt, so erhöhte sich dieser Ton auf b, und wurde voller und sonorer, doch ohne sein Schnarrtimbre zu verlieren. Auch Uebergänge zwischen diesem f und b waren durch gewisse Manipulationen, die an der innern Plattenzone mittels des Fingers vorgenommen wurden, zu erzielen. Bei Nichtfixirung von *a a* schwang die hier liegende Deckplatte *P'* lebhaft mit. Desgleichen waren die hohen Ueberschlag- und Aliquottöne zu erhalten, wie bei den vorigen Versuchen. Auch Doppeltöne stellten sich bisweilen ein. Später, als der Apparat zu feucht geworden war, erschien der tiefste Ton nur noch als anlautender Vorton. Die Zone *a a* musste dann festgehalten werden, damit überhaupt der Aufschlagmechanismus zu Stande kam.

4) Die Klappe *P* (Figur *B.*) wurde jetzt nach Herstellung der ersten Disposition soweit verschmälert, dass sie beim Niederlegen nicht mehr den Rand des Bandes deckte, sondern eine enge Tonritze dazwischen liess. Der Ton, welcher jetzt durch Ausblasen erhalten wurde, war fis[1], eine Tertie höher, als der Grundton; durch Einziehen der Luft veränderte er sich nicht, bei spätern Versuchen vertiefte er sich nur ein wenig. Wurde aber das eine Ende der Klappe losgelassen, so erschien (beim Ausblasen) jener Grundton d[1] wieder mit starken Transversalschwingungen der Klappe. Wurde der Finger weiter zurückgezogen, so vertiefte sich dieser Ton bis auf c[1] oder gar h.

Durch sukcessives Dämpfen der Membran von der Peripherie aus bis zum Rande wurde eine Erhöhung des Tones von fis[1] bis auf e[2] erzielt, also eine ganze Septime. Der ganze Tonumfang, der auf diesem Apparate ohne Rohransätze zu erzielen war, betrug demnach ziemlich zwei Oktaven, f bis e[2].

Dieselben Versuche wurden zum Theil mit einem schmälern Bande (von $3^2/_3'''$ Breite), das in d[1] gestimmt war, angestellt. Der Aufschlagton, der hier in der Regel erschien, war h, eine Tertie tiefer, als der Grundton, zuweilen erschien, wenn das Band laxere Schwingungen gegen den Plattenrand machte, fis, noch eine Quarte tiefer, und zwar konstant entweder dieser Ton, oder jener, keine Mittelstufen.

k) Ueber denselben Rahmen wurde wieder ein Band von $3^2/_3'''$ Breite gespannt, das isolirt den Grundton d[1] gab. Der eine (äussere) Rand wurde durch zwei Platten eingeklemmt, so dass er weder beim Aus- noch beim Einblasen irgend wie zu einem störenden Phänomen Anlass geben konnte; unter den innern Rand wurde ein starkes Kartenblatt geschoben, etwa $^2/_3'''$ weit. Es sollte durch diese Vorrichtung ein Versuch J. Müllers kontrolirt werden, der beim Einziehen der Luft bei derselben Vorrichtung eine Erniedrigung des Tones (Grundtones?) um vier Stufen fand. Beim gewöhnli-

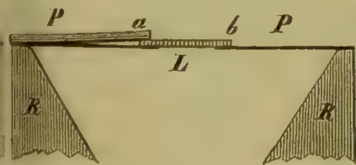


Fig. 127.

lichen Anspruch von hinten, wenn die Kartenplatte gehörig gehalten, und dabei auch durch Auflegen eines Fingers verhütet wurde, dass sich deren Rand an den Bandrand fest andrückte, wodurch jede Tonbildung verhindert wurde, ertönte der Ton b^1, ähnlich den in den vorigen Versuchen erhaltenen Phänomenen. Beim Einziehen der Luft erschien ein dumpfer Aufschlagton g, eine Undecime tiefer als jener, und eine Quinte tiefer als der Pizzicato-Ton. Demnach steht dieser Versuch so ziemlich im Einklange mit der Beobachtung Müller's. Zuweilen kam erst ein matter Ton von der Stufe des Grundtons, und dann erst die Unterquarte desselben.

Wird dagegen die Bandzone *a* nicht fixirt, sondern nur einfach gedeckt, so dass beim Anspruch nach Umständen Luft durchfahren kann, so ist das Resultat sowohl des Vorn- als des Hintanspruchs dasselbe; der Ton ist dann immer ein hoher, etwa eine Sexte über den Pizzicato-Ton liegender.

l) Ferner spannte ich über die Apertur des Petschafts ein Band, das so breit war, dass beide Rahmenkanten dadurch bedeckt wurden. Pizzicato gab es keinen bestimmbaren Ton. Der von hinten gegebene Blaston, der meist sehr leicht ansprach, betrug a^2 (zweiter Versuch h^2). Beim Decken der einen oder der andern dem Rahmen aufliegenden Kante kam ein Ton, der eine grosse Tertie tiefer war. Zuweilen fiel jedoch, weil beide Kanten nicht ganz gleich gespannt waren, der Ton der einen Zone eine kleine halbe Stufe höher aus, als der der andern. Uebrigens liessen sich die zwischen beiden Tönen liegenden Stufen durch Berühren und Dämpfen verschiedener Stellen und Bezirke des Bandes gleichfalls erhalten. Auch tiefe Aufschlagoktaven kamen als Interferenzen vor. Mit Röhrenanspruch gab die eine oder andere Bandkante so ziemlich denselben Ton, den sie bei einseitigen Blasanspruch gegeben; meist setzte der Ton ein wenig höher ein, um sich crescendo auf die Normalstimmung herabzuziehen. Dabei wurde die sollicitirte Bandzone vom Rahmen abgehoben, und schwang je nach dem Luftanspruch in geringerer oder grösserer Breite und Ausdehnung, schwebend, ohne Aufschlag. Ausserdem ist zu bemerken, dass der bei freiem Verhalten des Bandes erhaltene Hochton ein anderes, etwas dunkleres Timbre hatte, als die Seitentöne, welche laut und scharf klangen. Auch versagte ersterer Ton bisweilen. Ein Ansatzrohrton (Anspruch von vorn) war begreiflicher Weise hier nicht möglich. — Zuweilen kommt es bei einseitiger Fixirung der einen Zone vor, dass der Ton dieselbe Höhe behält, die er vorher, bei beiderseits offener Stimmritze, hatte. In diesem Falle bläht sich das Band mehr auf, bevor es zu schwingen beginnt, und die Schwingungen sind dann auf eine schmälere Randzone beschränkt. Wird diese Aufblähung dadurch, dass man die deckenden Finger weiter gegen die Mitte vorschiebt, vermieden, das Band also mehr eingedrückt, so fällt der Ton tiefer aus, und kann dann selbst um eine Quinte unter dem Primärton zu liegen kommen.

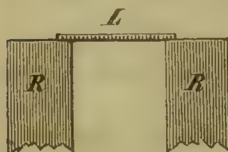


Fig. 128.

m) Der Apparat war vorgerichtet, wie in Versuch e) s. Fig. 119. *A*.: das Band so breit, dass die Rahmenapertur fast ganz bedeckt wurde, aber doch zu beiden Seiten des Bandes eine zum Anspruch hinlängliche Glottis blieb, und zwar auf der einen Seite eine weitere, auf der andern eine engere. Das Band gab pizzicato den Ton a^1. Ohne Anwendung von Platten, frei wie er war, von hinten angeblasen gab dieser Apparat einen nur unvollkommenen Blaston, der ziemlich mit dem Pizzicato-Tone der Stufe nach übereinstimmte. Es wurde nun die an der engen Glottis liegende Zone in geringer Breite mit einer Holzplatte gedeckt und fixirt. Der Anspruch bewirkte jetzt sehr volle

durchschlagende Schwingungen des übrigen Bandkörpers, mit dem Tone c^2, eine kleine Tertie über dem Pizzicato-Tone liegend. Wegen der ziemlichen Weite der Glottis musste der Anspruch etwas stark genommen werden, um diesen Ton zu bewirken. Jetzt wurde die Platte auf die andere, so eben thätig gewesene Bandzone aufgelegt. Die Luft entwich nun durch die engere Glottis. Der Ton sprach jetzt weit leichter, bei geringerer Tension an: seine Stufe war d^2, eine Sekunde höher, als voriger, und eine Quarte höher, als der Pizzicato-Ton. Wurde der Anspruch verstärkt, so sprang der Ton scharf und ohne Portament auf c^2 zurück. Dabei war im Hohlspiegel deutlich zu sehen, dass bei d^2 die Schwingungen sich mehr oberhalb der Rahmenebene verhielten, bei c^2 dagegen unter dieselbe gingen. Ferner machte ich folgenden Versuch: Ich stellte die weitere Tonritze her, bei deren Anspruch das Band den Ton c^2 gab, und schob durch dieselbe unter das Band ein Stück starkes Papier, etwa 5''' breit, in der Richtung *o r*. Sprach ich das Instrument jetzt an, so gab es wieder den höhern Ton d^2, wie auf der engern Tonritze bei schwächern Anspruch. Wurde nun allmälig dieses Papierstück (dass ich ebenso gut auch mit einer dünnen Metallplatte vertauschen konnte) allmälig gesenkt, bis das innerhalb des Hohlraums befindliche Stück in Berührung mit dem Bande kam, so erhöhte sich ebenso allmälig der Ton bis auf eine Tertie, er kam bis f^2, also eine Sexte über den Pizzicato-Ton. — Letztere Versuche gelangen sogar, wenn auch die Glottis von Haus aus so weit ist, dass ohne die gedachte Vorrichtung gar keine Tonbildung in ihr möglich ist.

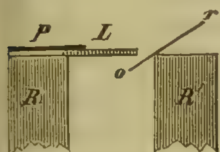


Fig. 129.

Ein ähnlicher, auxiliärer Versuch ist folgender: Pizzicato b^1. Fig. 130 $A = d^2$ (grosse Tertie). Fig. $B = f^2$ (Quinte). Fig. $C = gis^2$ (Sexte).

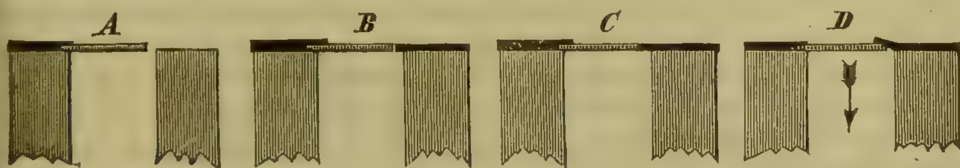


Fig. 130.

Der Ton d^2 war voll und mit viel Wind ertönend, plump; die andern Töne schön und fein ansprechend: alle drei Töne liessen sich durch Windrohr vertiefen, aber kaum weiter als bis c^2, dann folgte Rücksprung. — Wurde der Apparat *a* durch Vornanspruch intonirt, so gab er einen hohlen, aber reinen Ton, der eine Tertie **tiefer** lag, als der Pizzicato-Ton. Genau die Oberoktave dieses letztern Tones, oder die Sexte des Pizzicato-Tones erschien dagegen, wenn bei der Vorrichtung *D* der Anspruch von vorn gegeben wurde. Der Erfolg war dann natürlich derselbe, wie in Versuch h) bei Hintanspruch. Jener **tiefe** Ton f^1 wurde durch Ansatzrohre bis 13'' sukcessiv vertieft um eine None (e), welche dann piano wieder vom Primärton f^1 begleitet wurde; der **hohe** Ton nur um eine Tertie, worauf Rücksprung erfolgte (bei es^2).

d) Ueber die Spannungsgrade und einige andere Verhältnisse elastischer Bänder und deren Einfluss.

Bevor wir zur speziellen Betrachtung der durch vorstehende Versuche gewonnenen Resultate übergehen, wollen wir über einige allgemeinere Verhältnisse der elastischen Bänder sprechen, und dabei besonders das anführen, was die bisherigen Forscher, namentlich Harless, in dieser Hinsicht geleistet haben.

Bei den vorstehenden Versuchen wurde die gewünschte Spannung entweder durch Ausdehnung eines in sich zurücklaufenden elastischen Bandes mittels eines Körpers, der einen grössern Umfang hatte, als die Bandlänge betrug, oder durch Festbinden des gehörig ausgedehnten Bandes über das Instrument, das den Rahmen bildete, erreicht. Diese Methode ist freilich da, wo es sich um grosse wissenschaftliche Genauigkeit handelt, nicht zu empfehlen, indessen lehrte mich doch die Erfahrung, dass die von mir benutzten Bänder bei diesem Verfahren ihre anfängliche Spannung lange Zeit fast unverändert beibehielten, trotzdem, dass sie sehr oft einen ziemlichen Luftdruck auszuhalten hatten. Die Grösse der Spannung genau durch Gewichte zu bestimmen, ist sehr schwer, auch nur bei Spannung nach einer Richtung ausführbar. Ein hierzu taugliches Verfahren s. bei Harless S. 611. — Töne giebt ein elastisches Band nach H. nur, wenn beide Enden desselben so fixirt sind, dass kein merkliches Nachgeben derselben beim Windanspruch stattfindet. Ist das eine Ende frei, so muss es mit so viel Gewichtslast angezogen gehalten werden, dass es eben hier nicht nachgiebt. Wo nun diese Fixirung durch lebende Kräfte (Muskeln) geschieht, da muss sich diese genau den Intensitätsgraden der Windstärke akkommodiren. Im Kehlkopf geschieht diese Fixirung, wie wir wissen, nur an dem einen Ende des Stimmbandes, am andern durch Bänder von hoher Elasticität. Ahmte Harless dies künstlich nach, indem er das Band mit seinem einen Ende an einen festen Körper befestigte, am andern eine Schnur mit elastischem Mittelstück anbrachte und an derselben Gewichte ziehen liess, so fand er, dass der Ton des Bandes gleichblieb, so lange die Grösse der Elasticität des eingeschalteten elastischen Riemens die des Bandes übertraf, mochte dessen Ende festgeklemmt sein oder nicht, wenn gleich im Momente der Exkursion eine kleine, aber bei der Rekursion sich ausgleichende Verrückung stattfand. Jede spannende Kraft von einem gewissen Werthe greift an der membranösen Zunge um so präciser an, je mehr der eine Endpunkt derselben fixirt ist*). Der Rand oder die Randzone des Bandes kann dabei noch besonders durch gewisse spannende Kräfte verlängert werden; jedenfalls aber durch den Luftstoss selbst, durch welchen er in Form einer Bogenlinie, wobei der Mittelpunkt am weitesten abgetrieben wird, von der

---

*) Daher, sagt Harless (S. 615), finden wir auch bei dem Kehlkopfe das Ligam. cricothyreoideum gegenüber den Stimmbändern mit einem viel höhern Elasticitätsmodulus und grösseren Querdurchschnitt ausgerüstet, um jede Muskelkraft sofort gegen die Stimmbänder wirken zu lassen. — Dies Beispiel passt nur, insoweit der Kehlkopf Athmungs-, aber nicht, insoweit er Stimmorgan ist. Denn die Muskeln, welche hier nur in Frage kommen können (cricoaryt. posticus) haben mit der Stimme fast gar nichts zu thun, wogegen der hier viel wichtigere M. cricothyreoideus wiederum mit dem Lig. crico-thyr. nichts zu thun hat, da er sich nicht an diesem, sondern am Schildknorpel selbst inserirt, durch seine Kontraktion letztern von den Giesskannknorpeln abzieht, und so die Stimmbänder anspannt.

geraden Richtung ausweicht, und durch die Gewalt des ausströmenden Windes gegen den Körper oder gegen die entgegenstehende Randzone des Bandes sich umbiegt. Diese Ausbeugung, die nicht eine gewisse Grenze überschreiten darf, wofern nicht der Ton überschlagen und dadurch unterbrochen werden soll, ist Folge eines von der Grösse des die Luft bewegenden Impulses und von den dem Ausströmen der Luft sich entgegensetzenden Widerständen abhängigen Druckes, der dem Seitendruck einer Flüssigkeit beim Ausströmen aus einer Röhre vergleichbar ist. Beim ersten Beginn des Ausströmens ist dieser Druck an der Stimmritze am grössten, daher auch die Schwingungszahl am höchsten; bei wachsender Oeffnung nimmt er sammt der Schwingungszahl entsprechend ab, wie wir bei den letzten Versuchen deutlich gesehen haben. Wollen wir also eine bleibende Biegung oder Dehnung des Bandrandes erhalten, soll der piano eingesetzte Ton beim Schwellen gleiche Höhe behalten, so muss die Luftpression dem Elasticitätsgrade des Bandes entsprechend sich der Oeffnung (der Weite der Stimmritze) akkommodiren, also bei grössern Exkursionen des Bandes (beim Starkwerden des Tons) zunehmen, und zwar desto mehr, je grösser der Exkursionsbogen bereits ist. Nimmt der Elasticitätsmodulus mit den Dehnungsgraden zu, wie bei den meisten elastischen Materien, so kann (bei sehr starker Spannung des Bandes) selbst ein sehr verstärkter Windstrom nur noch einen kleinen Exkursionsbogen erzeugen, kleiner, als der war, welcher durch denselben Windstrom bei einer geringern Spannung desselben Bandes erzeugt wurde. Bei höchster Spannung hört die Zungentonbildung ebenso auf, als bei einer durch zu starken Wind bewirkten Ueberdehnung des Bandes. Zu geringe Spannung des Randes hat gleichen Erfolg, doch kommt das Umschlagen fast nur bei langen Bändern vor. Gut ist es, wenn gleich von Haus aus die Randzone für sich stärker gespannt werden kann, als der übrige Bandkörper. Bei den Stimmbändern des menschlichen Kehlkopfs findet dies statt: s. S. 110. Die Grösse der Ausbeugung oder des Exkursionsbogens ist also das Resultat der Einwirkung des Luftdrucks auf die bei dem vorhandenen Elasticitätsmodulus durch eine gewisse Kraft erzeugte Spannung des Bandes, mit welcher letztern also der Luftdruck zunehmen muss, um den Exkursionsbogen auf gleicher Höhe zu erhalten. Je mehr sich in steigender Progression mit den Graden der Dehnung der Elasticitätsmodulus ändert, wie dies bei den thierischen elastischen Geweben der Fall ist, um so verschiedener wird die Höhe der Bogen bei demselben Luftdruck, aber verschiedenem Spannungsgrade ausfallen. Jede Ausbeugung des Bandes ist noch nicht ganz das Viertel einer ganzen Schwingung, da die Rekursion nicht bis zur Ebene des Bandes erfolgt, und überhaupt also dasselbe während der ganzen Dauer des Windes gedehnt bleibt, desto mehr, je stärker der Wind ist. Dies beweisst Harless unter Anderem durch einen Versuch, wo er durch einen festen Faden das Band mit einem in einiger Entfernung darüber aufgehängten Kautschukfaden in Verbindung setzte. Die dabei sich im unelastischen Faden bildenden Schwingungsknoten wurden weniger, je höher der Ton des Bandes war. Auch mittels der stroboskopischen Scheibe, selbst schon mittels eines gewöhnlichen Hohlspiegels, lässt sich die Aufblähung des Bandes während des ganzen Tonvorgangs beobachten. Dabei sieht man auch, bei nicht zu straffer Spannung, dass die Erhebung des Bandes nicht an allen Punkten gleichzeitig ihr Maximum erreicht, sondern an verschiedenen Stellen nach einander. Einestheils schwingt die Membran auf und ab, andern-

theils laufen über ihre Oberfläche hin von dem Rande beginnend fortschreitende Wellen, welche aber mit den Schwankungen der Windstärke, die den Ton für das Ohr noch nicht verändern, ihre Exkursion und Geschwindigkeit bereits sehr merklich ändern*).

Mehrmals kam es bei unsern Versuchen vor, dass der Ton nicht sofort ansprechen wollte. Dies geschieht entweder, wenn die Stimmritze zu weit, oder wenn das Band zu schlaff, oder wenn das Gegenlager zu dünn ist, und dann während der Exkursionen zu tief unter der Schwingungsebene liegt. Ist das Band zu schlaff, so bläht es sich durch den Luftstrom erst auf, bleibt dann eine Zeitlang in dieser Lage, ohne zu tönen, dann schwingt es stark zurück, worauf der Ton mit einem Stosse einsetzt und das Band mit kleinern Vor- und Rückschwingungen forttönt. Am leichtesten spricht das Band an, wenn die Kante dem Gegenlager leise anliegt, so dass es die Lage einnimmt, wie Fig. 124. Differenzen der Luftdichte unter der Zunge, und zwar momentane Verdünnungen derselben, finden zuweilen beim Anblasen statt, wobei das Band stark zurückschwingt; es ist dies nach Harless ein Zurückbewegtwerden einzelner Partien des Luftstroms, der sonst vorwärts geht, wie wir dies auch beim Cagniard'schen Versuch**) beobachten. Das trommelartige periodische Tiefertönen eines schlafferen Bandes entsteht nach Harless durch periodischen Tieferschwung desselben, der sich mit einer gewissen Regelmässigkeit wiederholt, was durch Zusammenfallen zweier Wellen (Interferenz), ganzer auf- und abgehender und fortschreitender auf der Fläche hin- und herlaufender, zu Stande zu kommen scheint. S. auch oben S. 366.

Als den Ton bestimmende und abstufende Bedingungen haben wir bis jetzt ausser der verschiedenen Länge, Dicke, Elasticitätsmodus und Spannung des Bandes (Momente, die auch den elastischen Saiten zukommen, und die wir daher in vorigen Versuchen nicht näher zu untersuchen brauchten) auch noch die Breite des Bandes, so wie gewisse Eigenthümlichkeiten des Anspruchs und deren Bedingungen erkannt, über die wir jetzt etwas genauer sprechen müssen.

Was die Breite des Bandes anlangt, so wissen wir bereits aus frühern Untersuchungen, dass Verschmälerung den Ton eines elastischen Bandes erhöht. Während die Lateralschwingungen eines frei aufgespannten Bandes einen tiefer als der Grundton liegenden Ton geben, so geben Aliquotschwingungen eines an der einen Kante befestigten Bandes (Versuch g) einen weit höhern Ton, als der ursprüngliche Grundton war, und zwar beträgt diese Erhöhung nicht nur soviel, als durch die Fixirung für die Wellenbewegung überhaupt verloren geht, sondern noch mehr, weil letztere hier überhaupt nach einem andern, auch von dem sub No. 3. a. stattfindenden abweichenden Mechanismus vor sich geht. Es schwingt hier nur der Rand nebst einem halbmondförmigen Segment des Bandes (Fig. 131. *A. a b*) wobei sich aber der freie Rand *a b* von vorn betrachtet so ausnimmt, wie in Fig. *B.*, und im senkrechten Durchschnitt wie in Fig. *C.*

Während also in den früher von uns beschriebenen Schwingungen No. 3. der Luftanspruch sowohl die obere, als die untere Fläche der einen Band-

*) Harless a. a. O. S. 524.

**) S. Baumgartners Handbuch der Physik §. 310 und 288. Wir kommen später darauf zurück.

zone traf, und die Schwingungen auf- und niedergingen (S. 357), so trifft hier der Luftstrom nur die untere Fläche. Dies würde an und für sich die Tonhöhe der entstehenden Schwingungen nicht erhöhen, sobald dem Bandrande

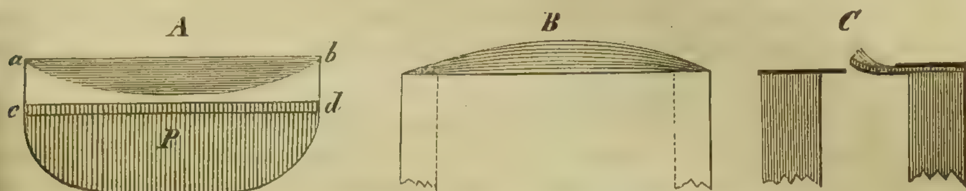


Fig. 131.

erlaubt wäre, unter die Bandebene während der Rekursion herabzugehen. Da aber derselbe durch das Gegenlager daran gehindert wird, ist das Band genöthigt, während des ganzen Schwingungsvorganges in einer Kurve zu verharren, so dass die ganzen Exkursionen nur in einer Vermehrung, die Rekursionen in einer Verminderung (aber nicht völliger Aufhebung) dieser Kurve bestehen, wie aus der Figur *C* zu ersehen ist. Das Band befindet sich also fortwährend in einer erhöhten Spannung, weshalb auch dem Raume nach hier etwa bloss die Hälfte des Bandes in Schwingungen geräth. Aus diesen Gründen ist es natürlich, dass die Schwingungen schneller ausfallen müssen, als die des vollständig schwingenden oder frei durchschlagenden Bandes. Wir kommen im folgenden Kapitel noch einmmal darauf zurück.

Berührung des Bandes während der Schwingungen hat auch in der Regel einen den Ton erhöhenden Einfluss. Harless nennt die dabei erhaltenen Töne schlechthin Aliquottöne, weil er keine andern kannte; wir nennen sie Aliquottöne der Breite, da wir auch dergleichen der Länge kennen gelernt haben. H. berührte, um dieselben näher zu ergründen, verschiedene mehr oder weniger vom Rand und Rahmen entfernte Stellen der Membran leise oder stark mit einer Nadel. Die Berührungspunkte, wo der höchste Ton (doch nur eine Quarte höher, als der Grundton) erschien, lagen ziemlich in der Mitte der ganzen Membran; niemals theilt sie sich in aliquote für sich schwingende und durch Knotenlinien von einander geschiedene Regionen, auch entsteht beim Fortrücken der berührenden Nadel nicht ein sprungweises, sondern ein allmäliges Uebergehen der Töne in einander. Die Membran theilt sich immer nur in zwei Partien (in welcher Richtung?), von welchen nur die eine, an Masse grössere, schwingt. Drückt man dem Rande nahe Punkte nieder, so entsteht sogar Vertiefung des Tones. Harless a. a. O. S. 641 ff. Ich habe diese Versuche in anderer Weise angestellt, weil ich nach den von H. gegebenen unvollständigen Anweisungen nicht arbeiten konnte. H. hat ja nicht einmal angegeben, auf welche Grössen die in seiner Tab. 1. angegebenen Bruchtheile, so wie die Nenner der Tab. 2. sich beziehen. Bei meinen Versuchen, habe ich gefunden, dass durch sukcessives Vorrücken der Fingerspitze vom aufliegenden bis zum freien Rande der Ton eines halbmondförmig aufgespannten elastischen Bandes von 15‴ Länge und 6‴ Breite sich nicht nur bis zur Quarte (Harless) sondern bis zu einer kleinen Septime des Grundtons erhöhen liess. Es war hier gleich, ob die Dämpfung nur an einem Punkte oder in der ganzen Länge des Bandes stattfand; immer schwang nur der zwischen der Dämpfungsstelle und dem freien Rande liegende Bandstreif. Dabei begreife ich nicht, was Harless damit

meint, dass von den zwei Partien, in die sich das Band theilt, allemal die an Masse grössere schwingt. Wenigstens ist es unmöglich, dass die hintere, der aufliegenden Kante anstossende Partie, auch wenn sie massenreicher ist, in tongebende Schwingungen gerathe. Auch das fand ich nicht bestätigt, dass durch Berührung von dem Rande nahen Punkten tiefere Töne entstehen. Vermuthlich beruht dies von H. gefundene Resultat auf einem Beobachtungsfehler.

Um den Einfluss der verschiedenen Anspruchsrichtungen und Tensionen genauer zu studiren, konstruirte Harless ein Mundstück Fig. 132, bestehend aus einem viereckigen oben offenen, unten mit einem Loch A zur Aufnahme des Windkanals versehenen Kästchen, über dessen Apertur ein elastisches Band L gespannt, und diesem gegenüber eine die Apertur vollends bedeckende in Scharnier gehende Zinnplatte Z als Gegenlager angebracht wurde. Desgleichen befand sich an der innern Kastenwand, die zur ruhenden (hintern) Bandkante senkrecht stand, eine drehbare Messingplatte. Die Zinnplatte liess sich vor dem Bandrande auf- und niederstellen, so dass die Stimmritze mehr oder weniger erweitert und verrückt wurde, die Messingplatte war nach Innen zu beweglich. Mittels dieser Vorrichtung vermochte H. sowohl die Windrichtung gegen die Zunge durch verschiedene Stellung der Platte m, als auch die Ausströmungsöffnung durch Auf- und Abbewegung der Platte Z in verschiedener Weise zu modificiren: den dabei zur Erhaltung eines bestimmten Tones erforderlichen Luftdruck bestimmte er manometrisch.

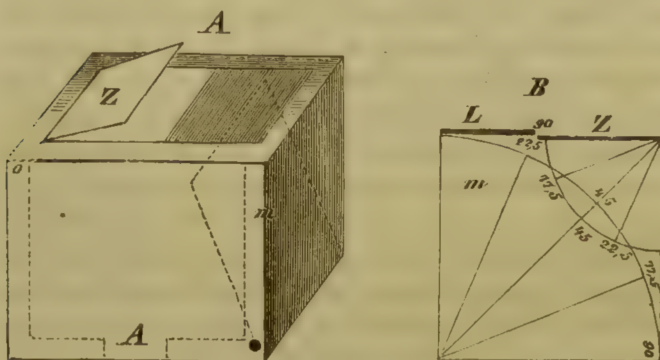


Fig. 132.

Die Platte m hat im Allgemeinen weniger Einfluss auf diese Modifikationen, als die Platte Z. Am leichtesten erfolgte der Anspruch, wenn Z nur einen geringen Winkel zu L machte (etwa auf 87—88° stand). Der Grundton der Membran L, welcher g^1 betrug und beim möglichst geringen Luftdruck erhalten wurde, liess sich nun durch Erhöhung und verschiedene Stellung der Platte Z vertiefen und erhöhen. Die Verhältnisse der Stärke und der Direktion des Windstroms für einen bestimmten Ton bestimmte Harless durch Kurventafeln, aus welchen sich erkennen lässt, dass die Gesetze für die Ansprache der Töne an die Variation oft sehr kleiner Zahlenwerthe geknüpft sind, wenn gleich der Radius, der die verschiedenen Neigungswinkel bildet (Breite der Metallplatte), sehr kurz ist. Schon eine Veränderung des senkrechten Abstandes der Platte um noch nicht $^1/_2$ Millimeter kann eine Verstärkung des Drucks um 50 Millimeter erfordern, um den Ton auf gleicher Höhe zu erhalten. Die Entfernung des Randes der Membran vom Rande der Metallplatte wächst von 0,5 Millimeter in horizontaler Richtung bei der Abwärtsbewegung der Platte um 45° nur um 0,69, beträgt also dann 1,19 Millim., der Flächenraum des Spaltes nimmt demnach bei dieser Stellung der Platte fast um das Dreifache zu. Bei diesen Versuchen liess sich bei unveränderter Länge und Breite der Membran durch

verschiedene Spannung, Windstärke und Windrichtung ein Tonumfang von einer None erzeugen. Je weniger die ursprüngliche Spannung der Membran, desto grösser die Tonsteigung, z. B. beim Grundton h war eine Erhöhung bis e[1] möglich. Bei jeder Stimmung der Membran giebt es mehrere (mindestens 12) Neigungswinkel der Platte, bei welchen durch allmälig zunehmende Windstärke sämmtliche Töne, deren die Membran fähig ist, erzeugbar sind; bei gleichbleibender Windstärke kann durch Aendernng der Windrichtnng mittels der Platte *m* nur eine Schwankung von 1/2 Tonstufe bewirkt werden. Je höher der Ton, desto steiler fällt die Kurve desselben von einem gewissen Punkte ab, welcher dabei um so weniger diesseits von 90° der Platte Z liegt. Für tiefe Töne reicht grosse Verengnng der Stimmritze und kleinster Druck hin. Bei weiter Stimmritze ist ein grösserer Druck zur Erhaltung des nächsthöhern Tons erforderlich. Je höher der Ton einer Membran von bestimmter Spannung, desto enger die Grenzen der Anspruchsbedingungen. Der Grundton der Membran spricht dafür um so leichter an, bricht aber zuweilen ab, um in den nächsthöheren Ton überzugehen. Einzelne Stellungen der Platte und des Manometers sind bevorzugt, indem dabei schon durch geringe Veränderungen der eine Ton in den andern, aber auch nur um 1/2 Stufe weit, übergeführt werden kann. Die relativen Minimalwerthe des zur Ansprache nöthigen Drucks werden um so rascher erreicht, je höher, desto allmäliger, je tiefer der Ton. Die Form einer Kurve wird durch die Urspannung der Membran mitbestimmt. Die zu einem System gehörigen Kurven sehen einander ähnlich, und gehen allmälig in einander über; die Progression, mit der dies geschieht, ist an einer Stelle rascher, als an der andern. Kreuzung der Kurven kommt nie vor. Die Windrichtung hat bei einer gewissen Spannung der Membran einen wesentlicheren Einfluss auf die Form der Kurve, als die Windstärke. Eine Kompensation, d. h. Gleichbleiben des Tons bei allen Windstärken, wäre wohl sehr selten möglich: sie wäre aber wohl, setze ich hinzu, zu erreichen, wenn durch den Wind die Platte selbst in gehöriger Weise bewegt würde. Wird bei gleichbleibender Windrichtung nur die Stimmritze breiter gemacht, so vertieft sich der Ton nur, wenn es schon ein tieferer war; freilich nimmt dann auch die Windstärke ab: bei höhern Tönen muss diese mit Erweiterung der Stimmritze wachsen, um den Ton zu halten. Je grösser die Spannung des Bandes, desto enger; je geringer jene, desto grösser sind die tongestattenden Grenzen der Weite der Stimmritze. Abschwächung der Windstärke vertieft den anfänglichen Ton.

Dies sind die wichtigsten Ergebnisse dieser Versuche von Harless. Was den Werth letzterer anlangt, so lässt sich zwar nicht leugnen, dass sie sinnreich ausgedacht und mit Fleiss und Geschick angestellt sind, dass sie auch einige allgemein akustische Fragen so ziemlich beantworten, allein für die Physiologie der Stimme haben sie sehr wenig Werth, und leiden in dieser Hinsicht an einer gewissen Schwerfälligkeit. Gewiss würden sie an Werth sehr gewonnen haben, wenn Harless die Zinnplatte nicht auf- und nieder hätte gehen lassen, sondern zum Verschieben in der Ebene der Membran eingerichtet hätte. Dann wäre sein Apparat dem menschlichen Stimmorgan wenigstens etwas ähnlicher geworden. Aber die meisten Verhältnisse, die er bei seinen Versuchen verglich, kommen ja im Kehlkopf nimmer vor. Uebrigens habe ich an jene Versuche noch folgende Bemerkungen anzuknüpfen. Bei mehrern Versuchen, wo beide Platten thätig waren, kamen 2 Stimm- oder Schallritzen in Betracht, von welchen die eine durch die Stellung bei-

der Platten gegen einander gebildet wurde, die andere zwischen dem Membranrand und dem der Zinnplatte lag. Am engsten war jene erste Schallritze bei 30° Messing- und 78° Zinnplattenstand (S. 630.). Der durch eine solche Ritze streichende Luftstrom musste bei einem gewissen Manometerstande schon an sich in stehende Schwingungen gerathen, und einen Kesselpfeifton geben; ausserdem mochte er auf den Membranrand in ähnlicher Weise einwirken, wie der aus einem Tubulus kommende Strom, nur ergiebiger. Von einer eigentlichen Stimmritze kann aber dabei gar nicht die Rede sein, nur bei den Versuchen, wo die Zinnplatte unter einem Winkel von 85—95° stand. Manche auf diesem Instrumente erhaltenen Töne mögen wohl Mixturtöne gewesen sein, aus einem zwischen beiden Plattenrändern entstandenen Luftton und einem Zungenton zusammengesetzt. Bei den Versuchen, wo der Winkel von 90° überschritten wurde, hätte Harless wohl auch besser gethan, wenn er die dabei zwischen den Seitenrändern der Platte und dem Rahmen gebildete Apertur gedeckt hätte.

Wenn ich den zuletzt von mir gebrauchten Apparat, dessen Resonanzraum in einem Trichter bestand, welcher in einer Tiefe von 13‴ sich in einen 3½‴ weiten und 3½″ langen Kanal überging, also zusammen etwas über 4½″ lang war, von vorn intonirte (oder von hinten die Luft einzog), so war, wie schon erwähnt, eine kleine Vertiefung des Tones wahrzunehmen. Diese Vertiefung war Wirkung des Ansatzrohrs. Wurde an diesen Apparat noch ein Cylinder gleiches Kalibers von 5″ 3‴ angeschraubt, so fiel der Ton noch um eine ganze Stufe. Hiermit hatte jedoch die Tonvertiefung ein Ende, ferner angesteckte Röhren bis zu 12″ brachten keine weitere Vertiefung zu Wege. Wurde der Apparat umgedreht, und das Rohr als Windrohr gebraucht, so war die Wirkung dieselbe. Genauer über den Einfluss der den Mundstücken angefügten Rohransätze auf die Tonstufe werden wir später zu sprechen Gelegenheit nehmen.

Desgleichen wollen wir die Versuche über die Zunahme der Längendimension der Bänder in Folge der Anspannung, über das Verhältniss dieser Zunahme zur Schwingungszahl, und über die Gränzen derselben auf einen spätern Abschnitt (über das lebende Stimmorgan) versparen.

e) Specielle Betrachtung einiger durch vorstehende Versuche erhaltene phonischer Resultate.

Die vorstehenden, an einlippigen Apparaten angestellten Versuche stehen zwar nicht allemal in der den dabei erhaltenen Resultaten entsprechenden Ordnung, weil ich sie so habe auf einander folgen lassen, wie ich sie hintereinander angestellt habe, was nun freilich den Uebelstand nach sich gezogen hat, dass manche analoge Ergebnisse etwas von einander getrennt sind. Indessen ist dergleichen nun einmal nicht immer zu vermeiden, und ich hoffe, dem etwaigen Nachtheil dieses Mangels an Ordnung durch das gegenwärtige Kapitel abzuhelfen, das eben die Aufgabe hat, die für die Wissenschaft durch jene Versuche gewonnenen Resultate herauszufinden und in Zusammenhang zu bringen. Nachdem wir im vorigen Kapitel einige allgemeinere Verhältnisse der elastischen Bänder, wie Spannung, Lufttension, Anspruch u. s. w., welche wir bei unsern Versuchen weniger berücksichtigten, auf Grund der genauern darüber angestellten Forschungen von Harless u. A. besprochen haben, wenden wir uns hier zunächst zur Betrachtung der Dispositionen des elastischen Bandes zum Rahmen und Gegenlager, und der durch den da-

durch modificirten Schwingungsmechanismus entstandenen Tonregister: Gegenstände, über welche bisher so gut wie gar keine Vorarbeiten existiren. Wir haben es hier zunächst mit der letzten Versuchsreihe a) bis m) zu thun.

1) Grundtonregister, Register der Grundtöne. Diese Töne werden erzeugt, sobald das Band in ganzer Breite, also von beiden Seiten her, vom Luftstrome gehoben und in Transversalschwingungen der ersten Art versetzt wird. Diese Schwingungsweise finden wir im Vers. a), d) 1., e), und zum Theil auch i), eigenthümlich modificirt auch in d) 2. und in f). Man kann diese Schwingungen auch durchschlagende nennen, indem das Band dabei, nachdem es vom Luftstrome aufwärts, über die Rahmenebene bewegt worden ist, vermöge seiner Elasticität wieder ebenso weit unter dieselbe zurückzuschwingen strebt, also während eines ganzen Schwingungsvorgangs zweimal durch die Rahmenapertur, innerhalb welcher es aufgespannt ist, vor seinen festen Gegenlagern vorbei, bewegt wird. Dabei ist es nicht nöthig, dass die Schwingungssphäre sich ebenso weit über die Rahmenebene erstreckt, als unter dieselbe: in der Regel liegt ein grösserer Abschnitt derselben über, ein kleinerer unter derselben. Denn die Bandebene wird während des Schwingens immer in eine vom Luftstrom abwärts gekrümmte Fläche verwandelt, von welcher aus es seine Exkursionen vollzieht, dergestalt, dass die Rekursionen nie so weit unter die Bandebene sich erstrecken können, als die Exkursionen über dieselbe. In Vers. a) wurde der Grundton dadurch erhalten, dass das Band nur mit der Zone *b* durchschlagende Schwingungen machte, während die Zone *a* sich während des Schwingens vom Rahmen abhob, sich beim Exkurriren von demselben ein Stück entfernte, beim Rekurriren sich ihm wieder näherte, ohne jedoch auf demselben niederzuschlagen. Dergleichen Schwingungen wollen wir überschlagende nennen. Es haben demnach dieselben, wenn sie mit durchschlagenden kombinirt wirken, keine tonerhöhende Wirkung, wohl aber, wenn das ganze Band nach diesem Mechanismus schwingt, wie in Vers. l), wo der Ton durch Fixirung der einen oder andern Zone um 1 Tertie vertieft wurde, also der durch doppelte überschlagende Schwingungen erhaltene Ton jedenfalls nicht der Grundton sein konnte. In allen diesen Fällen wirkte der Luftstrom auf beide Kanten des Bandes, also überhaupt auf das ganze Band, so weit es zwischen seinen beiden Befestigungsstellen schwingbar war. Aber es lassen sich auch durchschlagende Schwingungen erhalten, wenn die eine Bandkante fixirt worden ist, wie in c). Der Ton, obwohl immer noch höher liegend, als der Pizzicato-Ton des vollen Bandes, muss gleichfalls dem Grundtonregister zugerechnet werden, wofern wir nämlich, wie wir wohl nicht anders können, alle Töne, die mittels durchschlagender Schwingungen zu Stande kommen, in dieses Register verweisen. Das Timbre dieser Töne ist, wofern sie durch vollen oder beiderseitigen Luftanspruch zu Stande kommen, gewöhnlich nicht sonderlich; es entweicht viel unbenutzte (wilde) Luft neben den Bandkanten, welche zum Mechanismus der Schwingungen nichts mit beiträgt. Je schwieriger die Tonbildung, je stärker bei sonst bedeutendem Betrage der entweichenden Luft geblasen werden muss, desto höher erhebt sich hier die Tonstufe über die des Pizzicato-Tons. Umgekehrt, je leichter der Anspruch (bei besserer Vorrichtung) gelingt, je weniger Luftmasse und Spannung derselben zur Schwingungsbildung erfordert wird, desto mehr stimmt der Ton mit dem Pizzicato-Ton überein. Letzteres gelang z. B. in Vers. d) und h) einigemale, auch so ziemlich in g). Am besten und ergiebig-

sten lassen sich die Grundtöne erzeugen, wenn der Luftstrom die eine Bandzone hebt, unter derselben ausfährt, die andere senkt oder über derselben wegstreicht, so dass das Band in Schaukelstellung kommt, s. Vers. d) 2. und Vers. f). Auch die so erhaltenen Schwingungen sind durchschlagende, nur schlägt hier das Band mit der einen Kante aufwärts, während es mit der andern niederwärts schlägt: die Tonstufe kann also hier etwas tiefer ausfallen, als der Pizzicato-Ton: vielleicht in Folge der Einwirkung des (kurzen) Windrohrs. — Durchschlagtöne sind auch mittels Vornanspruchs zu erhalten, ohne dass dadurch die Tonstufe erheblich geändert wird. So im Vers. d), auch der Vers. i) gehört zum Theil hierher. Aus letzterem Versuche erhellt zugleich, dass sich auch durchschlagende Schwingungen mit einem dem Pizzicato-Tone ziemlich gleichstufigen Tone erzeugen lassen, wenn über oder neben die in Schwingungen zu versetzende Bandzone eine durch den Luftdruck bewegliche, aber durch ihre Elasticität wieder zur Bandebene zurückzukehren strebende Platte gelegt wird. Immer ist, wie schon erwähnt, bei einseitigen durchschlagenden Schwingungen der Ton wenigstens etwas (eine Stufe) höher, als der Pizzicato-Ton. Die Beobachtung in Vers. i), dass sich bei eben erwähnter Disposition der als Gegenlager fungirenden Platte der Ton durch Zurückziehen der Finger von letzterer ab um 1—2 Stufen unter den Pizzicato-Ton vertieft habe, bedarf noch der Bestätigung.

2) Höhere Töne bei überschlagenden Schwingungen. Ueberschlagend nenne ich solche Schwingungen, wobei das Band erheblich weniger weit rekurrirt, als es exkurrirt. Nach dieser Definition ergiebt sich schon von selbst, dass von einem exakten Unterschiede zwischen durch- und überschlagenden Schwingungen nicht die Rede sein kann. Je nach der Beschaffenheit der Glottis, d. h. der gegenseitigen Stellung des Gegenlagers zum Bandrande, werden die Schwingungen des letztern entweder mehr durchschlagen oder mehr überschlagen müssen. Ganz entschieden überschlagend werden dieselben nur dann ausfallen, wenn das Gegenlager über den Bandrand hinausragt, und zwar in gewisser Breite unter denselben vorgeschoben ist, wie in Vers. l); oder auch wenn das Gegenlager von Haus aus so hart an den Bandrand angeschoben war, dass derselbe während der Rekursion nicht mehr vor jenem vorbei kann, sondern nach Beendigung des Schwingungsvorgangs auf ihm liegen bleibt, etwa wie in Fig. 127. Die überschlagenden Schwingungen sind stets Lateralschwingungen durch einseitig wirkende Luftgebung erzeugt. Ihr Mechanismus ist bereits früher erörtert worden, s. S. 390. Die Höhe der dabei erzeugten Töne ist nach den Umständen sehr verschieden, und es wäre wohl eine irrige Ansicht, wenn man hier etwa ein bestimmtes Multiplum der nach vorigem Mechanismus erhaltenen Schwingungen, also etwa eine aufs Doppelte erhöhte Schwingungszahl annehmen wollte. Der Vers. m) lehrt uns, dass man Mittel in den Händen hat, durchschlagende Schwingungen ganz mechanisch und handgreiflich nach Belieben in überschlagende zu verwandeln, indem man unter die schwingende Bandzone einen festen Körper schiebt, der dieselbe verhindert, so weit zu rekurriren, als es ihr sonst möglich gewesen wäre. Je mehr sich der Winkel, den die in diesem Versuche in die Glottis geschobene Hemmungsplatte zur Bandebene macht, dem gestreckten nähert, je näher also das untergeschobene Stück der Platte der Bandzone kommt, desto mehr nähern sich die Schwingungen den überschlagenden, und desto mehr erhöh

sich der Ton. Diese Tonerhöhung betrug jedoch in diesem Versuche nicht mehr, als eine Tertie, obwohl sie unter andern Verhältnissen wohl auch bedeutender ausfallen dürfte. Eine ähnliche Wirkung, wie die gedachte Hemmungsplatte, hat die Verengung der Glottis, oder was so ziemlich auf dasselbe hinauskommt, die Koncentrirung des Luftanspruchs, wenn sie so weit geht, dass die rekurrirende Elasticität des Bandes den Druck des Luftstroms nicht mehr zu überwinden vermag. Nur muss hier gleichfalls dieser Luftstrom aus einer sehr engen Glottis kommen. Wird die Glottis bis auf Null verengt, muss also erst durch den Luftstrom mittels Hebung des Bandes eine Stimmritze erzeugt werden, so erhöht sich der Ton noch mehr, im lezten der unter m) angestellten Versuche um + 1 Stufe. Ueberhaupt erhöht sich nach meinen Versuchen der Ueberschlagton, wenn nicht noch neue erhöhende Momente dazu treten, etwa um 1 Quarte bis Sexte über den Pizzicato-Ton, während der einseitig erzeugte Durchschlagston nur 1 Tertie über demselben zu stehen pflegt.

Wenn die Fixirung der zu dämpfenden Bandzone eine nicht ganz vollkommene ist, d. h. wenn beim Anspruch diese Zone nicht vollkommen Widerstand leistet, sondern sich etwas sammt der die Fixirung bewirken sollenden Platte hebt, so fällt der Ton caeteris paribus nicht so hoch aus, als wenn die Platte ihre Aufgabe vollständig erfüllt. Diese Eigenschaft haben die elastischen Zungenapparate mit den Cylinderpfeifen gemein, welche auch einen tiefern Ton geben, wenn die Wände des Rohrs ganz oder zum Theil dem Luftdrucke nachgeben können. Wenn man in diesem Falle die Spitze eines Fingers auf die der Bandzone aufliegende Platte legt und einen Gegendruck darauf ausübt, so vermag man dadurch den Ton um einen gewissen Betrag zu erhöhen. S. Vers. b), c) und g). Ueber die Erhöhung des Tones durch Dämpfen einzelner Partien des Bandes selbst (der Breite nach) haben wir bereits S. 391 gesprochen.

Beim Einziehen der Luft oder bei dem Vornanspruch sind die Erscheinungen im Allgemeinen dieselben, vorausgesetzt, dass die materiellen Bedingungen der Schwingungserzeugung nicht abgeändert werden. So fiel in Vers. a) der durch Vornanspruch erzeugte Ton 1 Tertie höher aus, als bei Hintanspruch, weil dabei die unter *a* sich bei letzterem Anspruch bildende Glottis geschlossen wurde, und das Band nur einseitig zu schwingen genöthigt war. In andern Fällen, z.B. in Vers. c) finden beim Hintanspruch durchschlagende Schwingungen, beim Vornanspruch überschlagende, oder die besondere Modifikation derselben, die wir nebenschlagende Schwingungen nennen wollen, Statt, wodurch auch eine mehr oder weniger austragende Erhöhung des Tones bedingt wird. Bei den sogenannten nebenschlagenden Schwingungen ist das Gegenlager in eine längere Wand ausgezogen, neben welcher die Schwingungen, wenigstens dem grössern Betrage ihrer Sphäre nach, stattfinden. Wo der Fall von der Art ist, wie in Vers. c), da wird natürlich beim Vornanspruch die Glottis während des Schwingungsvorganges bedeutend enger ausfallen und bleiben müssen, als beim Hintanspruch, wo sich dieselbe um so mehr erweitert, je stärker geblasen wird. Da nun, wie wir wissen, eine weitere Stimmritze caeteris paribus einen tiefern Ton bewirkt, als eine engere, so ist die im erwähnten Versuche bei Vornanspruch betrachtete hohe Stufe des anfangs erscheinenden Tones erklärlich. Der Rückfall in den tiefern Ton d^2 wurde dadurch bewirkt, dass die Schwingungen bei

vermehrter Lufttension in durchschlagende verwandelt wurden, ebenso wie dies im Vers. m) wiederum beobachtet worden ist.

Allen diesen über die Stufe des Grundtons erhöhten Tönen eigenthümlich ist die Eigenschaft, durch Rohransätze vertieft zu werden, was beim Grundtone nicht der Fall ist. Hierüber sprechen wir jedoch weiter unten in einem besondern Kapitel ausführlicher.

3) Aliquot- oder Knotentöne durch Schwingungen des Bandes in zwei (selten mehr) Abtheilungen der Länge nach lassen sich entweder durch ganz einfaches Theilen des Bandes durch einen quer über dessen Mitte gezogenen Faden oder Stab bewirken, oder dadurch, dass, wie in Vers. i), eine biegsame, etwas über die Glottiszone des Bandes hinausragende Platte so über letztere gelegt wird, dass dadurch nur der mittlere Theil des Bandes in einem Punkte berührt wird. Sonst haben diese Töne ausser ihrer hohen, stets genau die Oktave des Grundtones betragenden Lage nichts Eigenthümliches.

4) Tiefer, als der Grundton, liegende Töne. Aufschlagende und einschlagende Schwingungen, Wir haben schon bei den Elementarvorgängen der Schwingungen frei aufgespannter Einzelbänder unter No. 1. e. eines durch Anschlag des Bandes gegen den ansprechenden Tubulus erzeugten, dem normalen Tone sich beimischenden und denselben „verunreinigenden“ Schallphänomenes gedacht. Auch bei den über einen engern Rahmen gespannten Einzelbändern beobachteten wir tiefere, unter dem Grundton liegende, wenig klingende Töne, welche, wie wir später noch genauer angeben werden, durch denselben Mechanismus erzeugt zu sein scheinen. Zahlreicher und unverfänglicher treten uns in den bisher betrachteten Glottisversuchen dergleichen Phänomene entgegen, sowohl rein als auch isolirt, oder mit einem andern Tonphänomen verbunden, als sogenannte Interferenzen.

Aufschlagend sind Schwingungen eines elastischen Bandes entweder dann, wenn die eine Zone auf eine unter ihr liegende feste Ebene, auf ein Unterlager, recurrendo aufschlägt, während die andere in entgegengesetzter Richtung exkurrirende Zone recurrendo durch-, ein- oder überschlagende Schwingungen macht, oder wenigstens zu machen strebt, wie dies z. B. im Vers. b), c), g) und k) bei Vornanspruch der Fall ist: in diesem Falle ist das Band in ganzer Fläche beim Schwingungsvorgange betheiligt; oder wenn mit oder ohne einseitige Fixirung die Glottiszone des Bandes gegen ein dem Luftdruck nachgebendes Ueberlager schlägt, wie in Vers. i): hier wird des Band nur von einer Seite aus in Schwingungen versetzt.

Einschlagend dagegen nennen wir an elastischen Bändern solche Schwingungen, welche entstehen, wenn entweder das ganze Band oder bei Fixirung der einen Zone die andere freie durch einen von vorn oder aussen kommenden Luftanspruch in die Höhle des Mundstücks getrieben wird, aber so, dass die Bandzone dabei vor einer festen Wand, in welche sich eben die Kante des Gegenlagers rechtwinklich fortsetzt, seine Exkursionen ausführt. S. Vers. e) und m).

Toninterferenz endlich nennen wir das Phänomen, wenn auf einem und demselben Bande oder sogar auf einer und derselben Bandzone gleichzeitig durch- oder überschlagende und auf- oder einschlagende Schwingungen stattfinden, so dass zwei Töne gleichzeitig hörbar werden, welche in der Regel 1 Oktave auseinander liegen.

Von letzterem Phänomen sprechen wir später in einem besondern Kapi-
el, von den beiden andern Schwingungsmechanismen wollen wir jetzt etwas
genauer reden.

a) Aufschlagende Schwingungen.

α. Bei rückwärts gehenden Schlägen. Hier (Vers. b), c), g), k)
st der Mechanismus fast so beschaffen, wie bei den Schaukelschwingungen
Vers. d) und f), d. h. das Band nimmt, wenn der Apparat von vorn an-
esprochen wird, eine schiefe Stellung an, auf der einen Seite (Fig. 112
ei *a*) wird es vom Luftstrome, der zwischen Kante und Rahmen einfährt,
ehoben, auf der andern Seite *b* wird es gleichzeitig von dem zwischen der
ndern Kante und der dieselbe deckenden Platte einfahrenden Luftstrome
esenkt, so dass die erstere Zone nach Umständen durchschlagende (Vers. g),
inschlagende (c), ode rüberschlagende (b) und k) Schwingungen macht oder
venigstens zu machen strebt, die andere Zone dagegen allemal aufschlagende
rzeugt. Bei den Schaukelschwingungen steht das Band ebenso, nur ist das
egenlager nicht so weit gegen das Band angeschoben, das dieses auf jenes
ufschlagen könnte, aus welchem Grunde auch die Schwingungszahl der
chaukelschwingungen im Allgemeinen eine höhere, der des Pizzicato-Tons
äher kommende ist. Dass übrigens in diesen Fällen wirklich das ganze
Band in Bewegung ist, und nicht etwa die von der Platte gedeckte Zone *b*
est und unbeweglich anhaften bleibt, geht aus Vers. c) und m) hervor, wo
iese Zone absichtlich bald fixirt, bald laxirt wurde, und wo die Fixirung
erselben allemal die Erscheinung eines hohen Tones mit anderem Mecha-
ismus zur Folge hatte. Zuweilen kommt es vor, dass bei einer solchen Dis-
osition des Mundstücks mittels Vornanspruchs zwei Töne gleichzeitig ge-
ört werden, ein höherer und ein tieferer. So in dem letzten Versuche
on h). Hier wurde, wenn dem freien Bandrande das Gegenlager ziemlich
ahe gerückt wurde, der tiefere Aufschlagton g^1, als Interferenz gehört,
en höhern Ton d^2 begleitend; bei stärkerem Anspruch wurde jenes g^1 vor-
errschend oder vorklingend, ohne dass jedoch der hohe Ton ganz ver-
chwunden wäre. Es scheint also in den Fällen, wo der tiefe Aufschlagton
llein und rein gehört wird, in der andern Zone kein tonfähiger Schwin-
ungsmechanismus zu Stande zu kommen, wenn wir auch (aus oben ange-
ührtem Grunde) annehmen müssen, dass wenigstens eine gewisse Portion
uft zwischen dieser Zone und ihrer Deckplatte durchstreicht, und dadurch
as Zustandekommen der aufschlagenden Schwingungen möglich macht.

Die Schwingungszahl dieser Aufschlagstöne lag in meinen Versuchen
urchschnittlich eine grosse Tertie unter dem Pizzicato-Tone, in einigen
ällen (Vers. b) aber auch 1 Stufe über demselben. Rohransätze bewirkten
nige Vertiefung, doch sind die von mir darüber angestellten Versuche noch
ehr dürftig. In einem Falle (Apparat wie b), mit dünner Pappplatte) wo der
ufschlagton 1 Tertie unter dem Pizzicato-Tone lag, vermochte ich den
on (a) durch ein Ansatzrohr von 7″ bis um 1 Septime zu vertiefen. —
as Timbre dieser Tongattung ist etwas hohl und rauh, nicht so sonor, als
as der andern Tongattungen, doch kann man diese Töne gerade nicht
chnarrend nennen.

Wenn die aufschlagende Bandzone in ihrer ganzen Länge an dieser Be-
egung sich betheiligt, da liegt der Ton, der dadurch erzeugt wird, genau
Oktave tiefer, als der Ton, der caeteris paribus durch überschlagende
chwingungen bewirkt wird. Daher liegt er auch in den beobachteten Fäl-

len in der Regel 1 Tertie unter dem Pizzicato-Tone, weil der Ueberschlagton eine Sexte über dem letztern liegt. In Fällen dagegen, wo dies Verhältniss nicht nachzuweisen war, müssen wir wohl annehmen, dass die aufschlagende Bandzone nur zum Theil, nicht in ganzer Länge an diesem Mechanismus sich betheiligte, namentlich bei den Versuchen, wo der Aufschlagton etwas höher ausfiel, als der Pizzicato-Ton (Vers. b). Uebrigens kommt bei der grossen Wandelbarkeit der mechanischen Verhältnisse oft genug ein Ueberspringen aus dem einen Register ins andere vor, das dem Uneingeweihten auf den ersten Blick oder auf das erste Anhören als etwas Regelloses vorkommen dürfte, aber bei genauerer Untersuchung doch sich auf feste Gesetze zurückführen lässt. So im letzten Versuche der Reihe c). Hier erschien bei Vornanspruch zuerst ein 1 Septime über dem Grundton liegender sogenannter Vorton. Dieser war durch überschlagende Schwingungen in der Glottis *b* entstanden, ebenso wie bei Hintanspruch bei der Vorrichtung b). Crescendo folgte der 1 Stufe über dem Grundton liegende Vollton, der durchaus dem bei a) mittels Hintanspruchs *mf* erhaltenen Tone analog ist. Der 1 Tertie tiefere, ein abweichendes Timbre zeigende Ton endlich war der Aufschlagton, durch Auftreffen der Zone *b* auf die Deckplatte recurrendo bewirkt, während in der Glottis *a* kein Tonvorgang mehr stattfand.

Viel kommt bei Erzeugung dieser Aufschlagtöne auch darauf an, ob die Platte, gegen welche die Schläge geführt werden, eine starre oder eine biegsame, dem Luftdruck nachgebende ist. Oft gelingen dieselben nur bei Anwendung der letztern. Ueberhaupt kann man niemals mit Bestimmtheit auf deren Zustandekommen rechnen, da man die mechanischen Verhältnisse — weil man das Mundstück gewöhnlich im Munde hat — nicht so in seiner Gewalt hat, als bei Hintanspruch, wo man das Mundstück deutlich beobachten und nach Belieben disponiren kann.

β. Bei vorwärts oder beidwärts gehenden Schlägen des Bandes. Hier haben wir es zunächst mit den unter i) aufgeführten Beobachtungen zu thun. Hier stellen sich weit ergiebigere Vertiefungsphänomene heraus. Die Vertiefung ging hier von einer Quarte bis zu einer Oktave unter den Grundton. Einen Unterschied im Verhalten dieser Aufschlagschwingungen macht zunächst der Umstand, ob wir es mit einem Bande von gleichlangen Kanten oder mit einer halbkreisförmigen, nur von einer Kante aus schwingfähigen Platte, oder mit einem Bande von ungleichen Kanten zu thun haben, ferner, ob ein solches Band einseitig oder beiderseitig schwingt. Beim Versuch i) 1., wo mit einem gleichkantigen Bande operirt wurde, war der durch vorwärts gehende Schläge gegen die Deckplatte entstandene Aufschlagton weniger tief, als wenn sich zugleich die andere, dem Rahmen aufliegende Platte mit an den Schwingungen betheiligte. Dieser volle Aufschlagton lag auch hier genau 1 Oktave tiefer, als der entsprechende und oft gleichzeitig mittönende Ueberschlagton. Beim Versuch 2., wo eine halbrunde elastische Platte von nur einer Seite her in Schwingungen versetzt wurde, lag der Aufschlagton eine Septime oder Oktave unter dem Pizzicato-Tone, und wir können wohl auch hier annehmen, dass dieser Aufschlagton immer die Unteroktave des beziehendlichen durch überschlagende Schwingungen erhaltenen Blastons darstellt. Im Versuch 3., wo das Band ebenso breit war, als im 2., aber nicht mehr als Platte, sondern als trapezoidisches Band aufgespannt war, erschien unter sonst den vorigen ähnlichen Verhältnissen die

tiefe Oktave nur Anfangs, und zwar wenn das Band in ganzer Breite schwang, während durch Fixiren der kürzern Kante der Aufschlagton sich bis auf die Unterquinte erhöhte. Auch waren Anfangs durch geeignete an der Deckplatte vorgenommene Modifikationen die Mittelstufen zwischen der Oktave und Quinte zu erzielen, was bei den früher angestellten Versuchen nicht gelang, indem hier immer der tiefste Ton bei den Erhöhungsversuchen scharf um 1 Tertie in die Höhe sprang, von da aus aber sich durch allmäliges Dämpfen der Platte mittels der aufgelegten Fingerspitze fast bis auf den Grundton erhöhen liess. — Sowohl in Vers. 1., als in 3. erschien bei einseitiger Schwingung ein höherer Aufschlagton, als wenn das ganze Band (mit beiden Zonen) in Schwingungen gerieth. Im Timbre ist zwischen diesen beiden Tönen ein Unterschied zu bemerken, der wenigstens so auffallend ist, um beide Töne zwei verschiedenen Registern beizuordnen. Das durch einseitige Schläge gebildete Register klingt besser, sonorer, aber weniger voll, als das durch beiderseitige Schwingungen erzeugte. Ersteres unterscheidet sich ausserdem noch sehr wesentlich von letzterem dadurch, dass sich dessen Töne durch Rohransätze (und zwar sehr bedeutend) vertiefen lassen, die des andern dagegen gar nicht. S. hierüber die betreffenden Versuche.

Ueberall, wo ein Aufschlagton vorkommt, kann man annehmen, dass der korrespondirende Durch- oder Ueberschlagton 1 Oktave oder 1 Oktave + 1 Quinte höher liegt. Auf dieses Verhältniss werden wir später noch einmal zurückkommen.

b) Einschlagende Schwingungen. Diese Schwingungen unterscheiden sich von den durchschlagenden dadurch, dass sie vom Rahmen aus in den Hohlraum des Mundstücks hinein gerichtet sind, dessen Wände parallel zu den Bandkanten stehen, wie dies mit unserm Petschaft der Fall ist, wenn über dessen Apertur ein Band gespannt ist, das fast so breit ist, als letztere (Fig. 119 *A.*), oder wenn bei Fixirung der einen Zone die andere dem Rahmenrande nahe genug steht, wie in Vers. i) Fig. 126 *C.* Demnach kann auch bei diesen Schwingungen das Band entweder mit beiden oder nur mit einer Randzone sich betheiligen. Der Anspruch erfolgt am leichtesten, wenn das Mundstück direkt mit dem Munde (von vorn) angeblasen wird, schwieriger, wenn die Luft von hinten eingezogen wird. Letztere Anspruchsweise ist jedoch nicht zu umgehen, wenn man durch Okularinspektion sich vom Verhalten des Schwingungsmechanismus unterrichten will. Man sieht dabei deutlich, dass das Band einwärts sich bewegt, ohne aufzuschlagen oder nur anzustreifen: sobald letzteres geschieht, ändert sich sofort das Register, es wird überschlagend, und der Ton erhöht sich. Die Schwingungen selbst haben nichts Eigenthümliches: sie verhalten sich wie die gewöhnlichen vollen oder seitlichen Transversalschwingungen elastischer Einzelbänder.

Wie bei den vorigen Aufschlagtönen, so war auch hier das Timbre reiner und angenehmer, wenn nur eine Stimmritze thätig war. Auf die Tonstufe schien es keinen grossen Einfluss zu haben, ob das Band einseitig oder beiderseitig schwang. Doch fielen im erstern Falle die Töne immer etwas höher aus, als im letztern. Desgleichen wurde der Ton etwa $\frac{1}{2}$ Stufe höher, wenn die Luft von hinten aus eingezogen, als wenn der Apparat direkt von vorn intonirt wurde. Die Tonvertiefung selbst betrug gegen den Pizzicato-Ton eine grosse Tertie bis zu einer Quinte. Auch hier lag der Einschlagton immer eine Oktave unter dem entsprechenden Ueberschlagton, wogegen der Durchschlagton in der Regel in der Nähe des Pizzicato-Tones lag, wie gewöhn-

lich. Ferner lassen sich diese Einschlagtöne auch durch Rohransätze vertiefen, und zwar (wodurch sie sich von den Aufschlagtönen wesentlich unterscheiden) die bilateralen ebenso gut, wie die lateralen. In beiden Fällen betrug die grösste Vertiefung, die auf diese Art erhalten wurde, mindestens eine Oktave (eine None), also ziemlich ebenso viel, als die Vertiefung der einseitigen Aufschlagtöne. Wenn aber neben dem Einschlagton der hohe Ueberschlagton mitklang, so wurde dieser letztere nicht mit vertieft. So geschah im letzten Vers. von h) das Auffallende, dass bei 12″ Ansatzrohr zwei Töne hörbar waren, die 1 Oktave + 1 Quinte auseinander lagen (d^2 und g).

5) Pfeiftöne. Ueber dieselben ist bereits früher (S. 320) die Rede gewesen.

2) Doppelzungen.

Wenn nun schon die einfache elastische Zunge eine solche, übrigens gewiss noch bei Weitem nicht erschöpfte, Masse akustischer Phänomene uns liefert, so ist wohl zu erwarten, dass zwei zu einer wahren Stimmritze verbundene Zungen eine nicht unergiebigere Quelle derartiger Erscheinungen bieten werden, und wir dürfen auch hoffen, durch das Studium derselben abermals um einen wichtigen Schritt weiter in der Erkenntniss der animalen Stimmbildung gefördert zu werden.

Die bisherigen Forschungen auf diesem Gebiete sind ebenso dürftig, als es die auf dem eben durchschrittenen waren. Joh. Müller fertigt die membranösen Doppelzungen auf $2^1/_2$ Seite ab. Den Grundton der beiden über einen Rahmen gespannten Zungen bestimmt er durch Anblasen derselben mit dem Tubulus. Die Methode der Aufspannung derselben über den Rahmen sowie die des Anblasens hat er gar nicht genauer angegeben, obwohl hierauf sehr viel ankommt. Ebenso wenig lässt er sich auf den Mechanismus der beim Anblasen gebildeten Schwingungen der Bänder ein. Der nach vorheriger gleicher Spannung von beiden Bändern gemeinschaftlich gegebene Ton war bei seinen Versuchen etwa $^1/_2$ Stufe tiefer, als der Grundton, den jede einzelne Lamelle beim Anblasen mit einem Röhrchen gab. Sind beide Platten verschieden hochgestimmt durch ungleiche Spannung, so hört man gewöhnlich nur den Ton der einen, als ob die andere gedämpft wäre. Häufig schwingt die wegen zu tiefer Stimmung schwer ansprechende Platte nur schwach mit und wird etwas vorgetrieben. So erhielt Müller beim Anblasen zweier um 1 Oktave verschieden gestimmter Membranen immer nur einen Ton (ob den hohen, oder tiefen, sagt er nicht), mochte er auf die eine Membran eine Platte aufgelegt haben, oder nicht. Ebenso gaben 2 um eine Quinte differirende Bänder einen Ton, der in der Mitte lag, mochte das höher gespannte Band gedämpft sein, oder nicht. Andre Male erhielt er blos den Grundton der tiefer gestimmten Platte. Zuweilen schien eine gegenseitige Einwirkung der Schwingungen aufeinander (Akkommodation) stattzufinden, obgleich dieselbe, wie er nachweist, oft nur scheinbar ist. Als Regel stellt er auf: diejenige Lamelle tönt, welche bei dem jedesmaligen Anspruch des Blasens am leichtesten in Schwingung versetzt werden kann; ist der Anspruch der Bewegung beider Lamellen angemessen, so können sogar beide schwingen und sich zu einem einfachen Tone akkommodiren, können aber auch verschiedene Töne oder bei verändertem Anspruch beide Töne hinter einander hervorbringen. — Auch wenn die beiden Bandränder übereinander liegen, entstehen beim Anblasen reine Töne. Durch Dämpfen des schwingenden Blattes an verschiedenen Stellen mit dem Finger steigt die Tonhöhe. Bei Grösserwerden der Exkursionen vertieft, bei wachsendem Anspruch erhöht sich der Ton. Den Einfluss der Wind- und Ansatzröhre auf die Tonstufe von Doppelzungen hat Müller nicht untersucht. — Harless spricht Müller'n einige Irrthümer nach, berichtet aber auch andere; doch geht er den Ursachen der Tonstufen ungleich gespannter Zungenwerke genauer nach, untersucht die gegeneinander geneigten Zungen, den Einfluss der Ansatzrohre, der Spannungsgrade, des Raumes zunächst unter und über den Zungen u. s. w., während auch er die Modifikationen der Schwingungen selbst und manches andere Wichtige vernachlässigt.

Wir werden, was wir von seinen Untersuchungen brauchen können, an den geeigneten Orten getreu referiren und besprechen, so wie wir auch die Resultate anderer Forscher auf diesem Gebiete, wie Weber's, Rinne's u. A. nicht ignoriren dürfen.

Was nun die von mir angestellten, an Zahl gewiss die meiner Vorgänger alle zusammengenommen weit übertreffenden Versuche anlangt, so finde ich es nicht angemessen, dieselben in der Reihe, wie sie vorgenommen wurden, einzeln und vollständig hier aufzuführen, einmal, weil dadurch das Volumen dieses Buches um ein Bedeutendes vermehrt werden würde, sodann, weil das Referat der einzelnen Schritte auf einem noch so dunklem Gebiete, wie das vorliegende, eine höchst ermüdende und unerquickliche Sache ist. Der Leser braucht nicht zu wissen, wie viel Zeit, Mühe und Geduld es gekostet hat, um ein scheinbar auf der Hand liegendes Resultat zu gewinnen; er braucht nicht den vielen, oft vergeblichen, mitunter selbst falschen und verkehrten Wegen und Richtungen noch einmal nachzugehen, welche hier eingeschlagen werden mussten, bevor der rechte Weg gefunden wurde; er braucht nicht die zahlreichen Täuschungen alle kennen zu lernen, welche mich, so lange mir die Quellen derselben noch unbekannt waren, so oft von der Wahrheit entfernt hielten. Er nehme nur einfach die Versicherung hin, dass die Erforschung der wesentlichen Phänomene und Gesetze der doppelten elastischen Zungen mit unglaublicher Mühe und grossem Zeitaufwand verknüpft gewesen ist, und noch ist, und dass das scheinbar einfachste Phänomen gewöhnlich ein solches ist, dessen Deutung am schwierigsten geworden ist. Dabei werden der Gehörsinn und der Gesichtssinn, so wie das Respirationsorgan gleichzeitig dergestalt in Anspruch genommen, dass man in der Regel nur durch gewisse Interferenzen von Sinnestäuschungen, also durch Kreuz- und Umwege, zu einem einigermaassen befriedigenden Ziele gelangt, und dass man nicht eher fähig wird, die optischen, akustischen und aërodynamischen Phänomene in Einklang zu bringen, und überhaupt erfolgreiche Schritte zu thun, als bis man beide Sinne nebst den Respirationsorganen in einer sonst nirgends erforderlichen Weise behufs der gestellten Aufgabe geschärft und eingeübt hat.

Apparate.

Die Apparate, mit denen ich operirte (Fig. 133), sind sehr einfach. In den frühern Jahren, wo die Vulkanisirung des Kautschuks noch nicht erfunden war, schnitt ich von einem natürlichen Kautschukbeutel bandartige Stücke ab, richtete je zwei derselben möglichst gleichartig zu, gab ihnen eine Länge und Breite, die etwa den Dimensionen der menschlichen Stimmbänder entsprach, und spannte sie mit mehr oder weniger Kraftaufwand über einen Rahmen, dessen Oeffnung nicht ganz die Breite hatte, als beide Bänder nebeneinander gelegt. Dieser Rahmen bestand bald aus einem Stück Korkholz (α), in welches ein viereckiger, oder ovaler, nach Umständen gegen die Anspruchsrichtung trichterförmig sich erweiternder Kanal von entsprechenden Dimensionen geschnitten war, oder er bildete die Apertur eines Holzcylinders (β) von verschiedener Dicke und Länge, oder ich spannte meine Bänder über die Stürze eines Stethoskops (γ) u. s. w. Später nahm ich vulkanisirte Bänder, wie sie hier (in der Handlung von Ewald und Brett) käuflich sind, von allen Dimensionen, die mir zu Gebote standen. Die innern, die Stimmritze bildenden Ränder wurden zuweilen, wenn die Bänder verhält-

nissmässig dick waren, mittels eines scharfen Rasirmessers zugeschärft (ζ). Die Aufspannung bewirkte ich früher durch Nadeln, mit welchen ich die dem Rahmen aufliegenden Theile der Bänder feststeckte, oder ich zog die Bänder der Länge nach über den Rahmencylinder weg und band sie fest (ε),

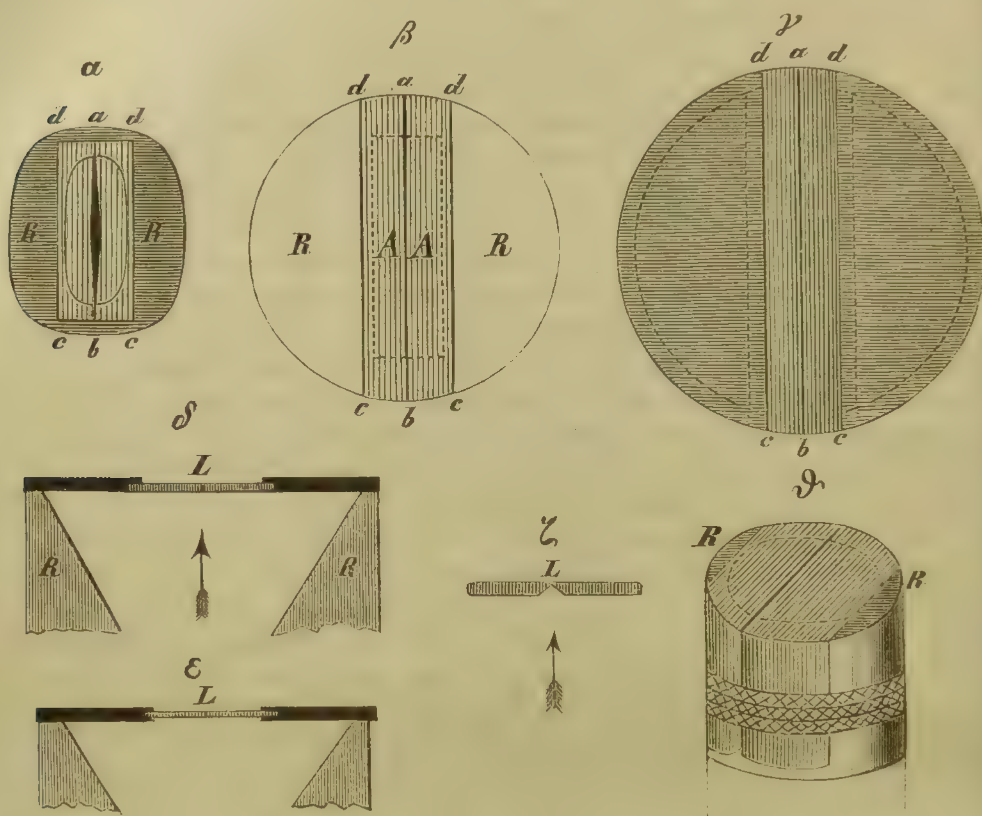


Fig. 133.

oder (bei den ringförmigen vulkanisirten Bändern) ich stülpte sie über die ganze Cylinderlänge, so dass ich vorn und hinten eine Stimmritze erhielt. Letzteres Verfahren habe ich so ziemlich als das bequemste und praktischste befunden, zumal da man die Stimmung (die hier sehr lange unverändert bleibt) durch etwas Verschieben oder Anziehen hier leicht nach Belieben modificiren kann. Zu manchen Versuchen, wo eine bleibende Fixirung der äussern Bandkanten auf dem Rahmen erforderlich war, bewirkte ich dieselbe durch Aufkleben der Kanten mittels Heft- oder Pechpflasters. Die Breitenrichtung der Bänder war entweder eine ebene, oder eine geneigte, wo beide Stimmbänder dachförmig gegen einander gestellt wurden, was natürlich eine besondere Vorrichtung am Rahmen nöthig machte. Wo die Rahmenapertur grösser war, als die Breite beider Bänder austrug, so wurden die beiderseits gebliebenen Oeffnungen mit Platten von Holz oder starkem Papier so bedeckt, dass die äussere Zone jedes Bandes dadurch fixirt wurde (γ), wobei in der Regel zugleich die Einrichtung so getroffen wurde, dass diese Platten nach Belieben mehr oder weniger gegen die Stimmritze vorgeschoben und die Bänder so in ihrer schwingungsfähigen Breite mehr oder weniger beschränkt werden konnten. Zuweilen wurde es auch hier angemessen befunden, die Platten dem Rahmen und selbst der äussern zu

deckenden Bandzone mittels Heftpflasters aufzukleben, oder es wurde eine Platte unter, eine andere über den zu fixirenden Bandrand geschoben und so derselbe förmlich eingeklemmt (ε). Die hölzernen Deckplatten wurden zu manchen Versuchen soweit, als sie decken sollten, ausgefalzt oder ausgeschnitten (δ), so dass der äussere Bandrand durch den Druck, den er durch die Deckplatte erlitt, nicht sonderlich verrückt wurde, was immer mit einer kleinen Störung der Bandebene verbunden ist; auch konnte dabei das ganze Band mittels der so vorgerichteten Platte leicht und in bestimmtem Maasse gegen das andere oder beide gegeneinander geschoben und apprimirt werden. Wo der Rahmen nur die Apertur eines sehr kurzen Cylinders bildete (ein Mundstück), da wurde an denselben, namentlich wo der Anspruch nicht sofort gelang, ein Rohr angesteckt, das nach Belieben als Windrohr oder als Ansatzrohr gebraucht werden konnte. Manche Mundstücke waren so eingerichtet, dass auch vor die freie Bänderfläche ein Rohr gesetzt werden konnte: in der Regel lag dasselbe hinter derselben, so dass es beim gewöhnlichen expirativen Anspruch als Windrohr, beim inspirativem Anspruch, oder wenn das Rahmenende direkt mit dem Munde angeblasen wurde, als Ansatzrohr fungirte. Manchem Windrohr gab ich eine bauchige oder Trichterform, so dass es sich von der Anblasöffnung aus gegen die anzusprechende Bänderfläche allmälig erweiterte. Den Anspruch oder die Intonirung selbst bewirkte ich auf die bereits bei den einlippigen Apparaten beschriebenen Weisen.

Wir wollen die hierher gehörigen Versuche zunächst in zwei Abtheilungen bringen. Bei der erstern stehen beide Bänder nebeneinander in einer und derselben Ebene, bei der andern sind sie unter einem grössern oder geringern Winkel zu einander geneigt Ausserdem machen wir noch darin einen Unterschied, ob beide Bänder gleiche oder verschiedene Stimmung haben, ob sie die Rahmenapertur ganz oder nur zum Theil decken, ob sie schmal oder breit sind, ob ihre innere Randzone gleiche Dicke mit den übrigen Zonen hat, oder ob dieselbe beilförmig zugeschärft ist, anderer Unterschiede, die gelegentlich zur Sprache kommen sollen, vorläufig nicht zu gedenken.

A. Versuche mit 2 in einer Ebene liegenden Bändern.

a. Von gleicher Stimmung.

1. Grundton.

Dass beide Bänder, mögen sie schmal oder breit sein, mögen sie die Rahmenapertur ganz oder nur zum Theil decken, gleiche Stimmung erhalten, so wie um zu erfahren, ob sie dieselbe wirklich erhalten haben, dazu bediente ich mich in der grossen Mehrzahl meiner Versuche der Pizzikation, nur bei den ältern Versuchen des Tubulus, welcher aber, wie wir bald sehen werden, ein sehr unsicheres Ersatzmittel der Pizzikation ist. Am sichersten erhält man durch letztere allerdings nur dann den Grundton eines Kautschukbandes, wenn dasselbe frei aufgespannt ist, d. h. wenn seine äussere Längenkante dem Rahmen nicht aufliegt oder von der Deckplatte nicht berührt oder fixirt ist. Indessen habe ich gefunden, dass durch eine Deckung oder Fixirung von nur etwa dem 5. Theile der Breite des Bandes der pizzicato erhaltene Grundton fast gar nicht (höchstens um $1/2$ Stufe) von dem Tone abweicht, den das frei aufgespannte Band giebt. Man hat daher

wenn man den Apparat schon vollständig für die Intonation hergerichtet hat, nicht nöthig, die Bänder wieder zu isoliren, um dieselben auf ihren Grundton zu prüfen, sondern man nimmt hier eine nicht zu kleine Stecknadel, schiebt den Kopf derselben durch die Stimmritze und schnippt ihn über den anzusprechenden Bandrand beim Herausziehen hinweg. Freilich muss man hier die bereits früher empfohlenen Schallleitungsmittel noch ökonomischer benutzen, als es bei den isolirten, frei aufgespannten Bändern hinreicht, und man muss überhaupt scharf und musikalisch richtig hören gelernt haben, um in dem oft sehr leeren und fast klanglosen Klapp, den die nur wenig angespannten Bänder bei dieser Vorrichtung pizzicato geben, die Tonstufe zu entdecken. Zur genauen Bestimmung des Grundtons eines bereits fixirten Bandes ist aber diese Procedur durchaus unentbehrlich. Dabei muss man sich vorsehen, dass die zu explorirende Glottiszone beim Niederfallen nicht gegen die andere schlägt, sonst erhält man leicht auch bei verschiedener Stimmung der Bänder einen und denselben Ton. Starke Verschmälerung des Bandes erhöht den Grundton um 1 — 2 Stufen und nach Umständen noch mehr.

Der Röhrenton, und zwar der durch spitzwinklichen Anspruch der innern oder Glottiskante bei Niederdrückung des andern Bandes erhaltene, ist dem pizzicato erhaltenen Grundtone entweder vollkommen gleichstufig, oder er ist $\frac{1}{2}$ bis 2 ganze Stufen tiefer. Man kann nie darauf rechnen, mittels des Tubulus denselben Ton zu bekommen, der pizzicato erzielt wurde. Ja, es ist mir vorgekommen, dass beide Bänder pizzicato einen und denselben Ton d^1 gaben, während bei Tubularanspruch das eine Band d^1, das andere c^1 gab. In einem andern Falle war der Pizzicato-Ton beider Bänder c^1, der Röhrenton des einen Bandes h, des andern a. Höher habe ich den Röhrenton, nach obiger Weise erzeugt, nie gefunden, als den Pizzicato-Ton. Nur wenn die Bandkante stumpfwinklich angesprochen wird, fällt der Ton etwa 1 Tertie höher aus, wie wir früher kennen gelernt haben. Jedenfalls ist der Tubulus das schlechteste, unsicherste Mittel, den Grundton elastischer Bänder zu bestimmen, schon wegen der vielfachen Modifikationen, welchen die Tonstufe dabei unterworfen ist. Bei kurzen Kautschukbändern von verschiedener Tonstufe kann man oft mittels des Tubulus auf keine andere Weise einen Ton erhalten, als wenn man, ohne das andere Band niederzudrücken (was eben hier alle Tonbildung vereitelt) schief gegen den einen oder den andern Bandrand bläst. In einem solchen Falle gab das Band *a* den Ton g^1, das andere *b* den Ton c^2. Ich stimmte nun das Band *a* auf a^1, und jetzt gab das Band *b* auf einmal den Ton d^2, obwohl gar nichts an ihm geschehen und überhaupt keine andere Veränderung eingetreten war, als dass die Stimmritze etwas weiter geworden war.

Zuweilen erhält man sogar, namentlich wenn ein Ansatzrohr seinen Einfluss mit geltend macht, beim Anspruch mittels des Tubulus Pfeiftöne. In einem Falle, wo die Bänder über einen Rahmen von nur etwa 6‴ Längendurchmesser gespannt waren und die Pizzikation kein Resultat gab, gab das eine Band ohne Ansatzrohr den Ton b^1 oder (crescendo) h^1; mit Ansatzrohr bei einiger Niederdrückung des andern Bandes angesprochen erschien bald f^1 als Zungenton, bald as^2 als Pfeifton. Jenes f^1 ging durch stärkeres Blasen in f^2 über, das offenbar durch die Cylinderresonanz gefärbt und durch Bildung eines Schwingungsknotens im Ansatzrohr seine Oktavenstufe erhalten hatte. Das andere Band gab unter allen Umständen des^2, zeigte stärkere Exkursionen und hatte jene Pfeiftonfärbung nicht. Auffallender Weise waren jedoch die Blastöne, die dieser Apparat gab, sehr mit diesen Röhrentönen übereinstimmend. — Ueberhaupt zeigen die

Röhrentöne bei Gegenwart von Ansatzröhren noch manche Eigenthümlichkeiten, von welchen wir jedoch passender erst später, wenn wir den Einfluss der Rohransätze speciell betrachten werden, sprechen werden.

Zur Untersuchung des Grundtons eines elastischen Bandes eignet sich der Tubulus nur in solchen Fällen, wo man durch Pizzication kein sicheres Resultat erhalten kann. Dann operire man wo möglich ohne Anzatzrohr, und suche den Einfluss des andern Bandes abzuhalten.

2. Blastöne.

Die Stimmritze, durch beide innere Ränder der Bänder gebildet, war bei Anwendung roher Kautschukbänder gewöhnlich etwas lanzetförmig, bei der vulkanisirter gewöhnlich linienförmig, so dass beide innere Ränder einander so ziemlich berührten.

Wurde nun ein solcher Apparat von hinten oder vorn mittels des vollen Mundes angeblasen, im erstern Falle also ohne Anwendung eines Ansatzrohrs, im andern Falle ohne Windrohr, so waren im Allgemeinen vier Fälle möglich. Entweder es trieben sich die Bänder durch den Wind auf, ohne in tönende Schwingungen zu gerathen. Oder es entstanden dergleichen Schwingungen, und es war dann der Ton entweder dem Grundton ganz oder ziemlich gleich, oder er war merklich höher, oder er war tiefer als derselbe.

Das ersterwähnte Phänomen, Auftreibung der Bänder durch den Wind ohne stehende Schwingungen, im Allgemeinen als eine Verunglückung des Versuchs zu betrachten, und am häufigsten bei noch vorhandenem Mangel an Uebung, sowie bei noch nicht probirten Apparaten vorkommend, giebt uns zunächst die Beantwortung der sehr wichtigen Frage auf: welche sind die Bedingungen der stehenden oder tönenden Schwingungen an doppelten elastischen Zungen überhaupt?

Zur Lösung dieser Frage haben wir zunächst die Umstände und Verhältnisse zu beachten, unter welchen kein Ton erhalten wurde Hier ist zunächst die Beschaffenheit der Bänder zu erwähnen. Zu kurze Bänder, die nicht eine entsprechende Dünnheit besitzen, sprechen fast unter keiner Bedingung an, z. B. Bänder von 5‴ Länge, 2‴ Breite und $^1/_4$‴ Dicke. Ferner gelingt der Anpruch fast niemals, wenn die Bandfläche gegen die Luftanspruchsrichtung etwas konkav ist; desgleichen, wenn die anfangs ebenen Bänder erst in Folge des Luftanspruchs sich in dieser Weise (segelartig) aufblähen. Dies geschieht besonders leicht an grossen und breiten Bändern, die verhältnissmässig dünn sind, oder an Bändern, deren schwingender Körper gar nicht bandförmig, sondern halbmondförmig ist, oder sonst von der Bandform erheblich abweicht, ferner an solchen, deren Randzone dicker, als die übrigen Zonen ist, oder deren äussere Zone nicht hinlänglich fixirt ist, um dem Luftdruck gehörig widerstehen zu können. Am häufigsten begegnete mir dieser Uebelstand (wenn es einer ist), wenn ich ein blosses Mundstück, d. h. einen in einen sehr kurzen (etwa bis zu $^1/_2$—1 Zoll) Cylinder ausgezogenen Rahmen, der mit 2 Bändern kunstgerecht versehen war, zu intoniren suchte, und zwar misslang die Tonschwingung häufiger, wenn ich das Mundstück von hinten, als wenn ich es von vorn (von der freien Bän-

derseite) anbliess. Bei einem Mundstücke von der Form Fig. 133. *5*, dessen Lumen allenthalben gleiches Kaliber hatte, und dessen Bänder mässig angespannt waren, aber einander sehr eng anlagen, war ohne Windrohr weder vorn noch hinten ein Ton möglich, ich mochte es anfangen, wie ich wollte. Dagegen erfolgte ziemlich leicht und gut die Tonbildung, sobald ich dem Bänderende *k k* dieses Mundstücks ein nach der Anspruchsöffnung zu sich konisch verengendes kurzes Windrohr ansetzte und mittels dieses den Anspruch bewirkte. Umgekehrt, wenn ich dem andern Ende *o o* ein ähnliches Rohr ansetzte, das aber weiter war, als das Mundstück, und durch dieses Rohr die Glottis zu intoniren suchte, gelang schlechterdings kein Ton, jedenfalls, weil der Raum unmittelbar unter den Stimmbändern sich nicht nach auswärts verengte. Erst später, nachdem die Glottis so vorgerichtet war, dass beim Luftanspruch das eine Band stärker vorschwang, als das andere, gelang mittels jenes Windrohrs ein, obwohl nicht sonderlich klingender, Ton, der aber sofort nach Wegnahme des Windrohrs verstummte. Weit leichter und schöner erfolgte die Tonbildung an diesem Mundstück, wenn demselben ein konisches Windrohr angesetzt wurde, das enger war als ersteres. Auf der andern Seite fand ich in andern Versuchen, dass die Tonbildung, auch wenn sie schon vorhanden war, sofort sistirt wurde, wenn ein Ansatzrohr von gleicher Beschaffenheit, also ein solches, das sich vom Mundstück ab trichterförmig verengt, angewandt wird. Dagegen schadet es nichts, wenn das Ansatzrohr sich in dieser Richtung allmälig erweitert. Dasselbe findet ja auch beim Horn und andern Messingblasinstrumenten statt. In einigen, dem Vorigen ähnlichen Fällen, wo aber das Lumen des Mundstücks gegen die Bänderöffnung sich etwas erweiterte, wo ferner die Bänder schmäler, wenn auch nicht länger waren, gelang die Tonbildung auch ohne Vor- oder Ansatzrohr, nur durfte die Stimmritze nicht zu weit sein, d. h. die Bandränder durften in der Mitte nicht weiter als $^1/_{12}$ oder $^1/_{15}$ ihrer Länge von einander abstehen. Grössere Weite der Stimmritze hebt überhaupt alle Tonbildung auf, mag der Apparat sonst konditionirt sein, wie er will: eine Erfahrung, die auch, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, am menschlichen Kehlkopf gemacht wird. Aus diesem Grunde hört auch eine bereits bestehende Tonerzeugung auf, wenn die Lufttension einen zu hohen Grad erreicht, und die Stimmbänder dadurch zu weit von einander abgetrieben werden. Wenigstens gilt dies von der weiter unten genauer zu erörternden Schwingungsweise, bei welcher die Exkursionen erst dann erfolgen, wenn die Bänder vom Wind bereits ziemlich weit von ihrer Ebene ab und von einander getrieben worden sind, und die anfänglichen Exkursionen beiderseits gleichzeitig stattfinden. Umgekehrt wird die Tonbildung auch vereitelt, wenn durch zu starke Luftgebung die Bänder (wenn ihre äussern Ränder nicht unbeweglich befestigt sind) soweit gegeneinander getrieben werden, dass sie die Stimmritze hermetisch schliessen. Ferner ist die Tonbildung Null oder kommt nicht zu Stande, wenn der unter der Glottis befindliche Raum beträchtlich weiter ist, als die Länge der Stimmbänder beträgt, oder auch, wenn (wie schon erwähnt) das Windrohr weiter ist als das Mundstück. So gelang auf einem Mundstück von Korkholz, wenn ich dasselbe in die etwas ausgeweitete Mündung eines $6^1/_2$" langen Windrohrs steckte, und es mittels desselben anbliess, kein Ton, wohl aber und ziemlich leicht, wenn ich ein dünneres Rohr in die Apertur des Mundstücks selbst steckte. Endlich fand ich in einem Falle, dass der Ton wegblieb, nachdem ich in das (dreizollige) Ansatzrohr ein ovales 1" langes und 3 - 4‴ breites Loch geschnitten und dieses mit Leder fest anliegend überzogen hatte. Alle diese die Tonbildung unter Umständen hemmenden Momente können einzeln vorhanden sein oder eintreten, ohne dass dadurch das Tonphänomen verhindert oder vernichtet würde. Sie vermögen aber in

Fällen, wo die übrigen Umstände von der Art sind, dass schon ein geringes Hemmniss den Schwingungsmechanismus aufhebt, die angegebene Wirkung hervorzubringen, wie die angeführten Versuche deutlich lehren. Namentlich wenn mehrere jener Momente, oder alle auf einmal, zusammenwirken, dann ist die Tonbildung wohl absolut unmöglich.

Untersuchen wir nun, unter welchen Umständen in den vorerwähnten Fällen die Tonbildung zu Stande gebracht werden konnte, so finden wir ausser dem, was sich von selbst versteht (hinreichend lange, nachgiebige Bänder, hinreichend enge Stimmritze, mässige Luftgebung [wo übermässige den Ton aufhob], Verlängerung des Ansatzrohrs, Starrmachung der erschlafften Wände desselben [Decken des Lederfensters mit einem unbeweglichen Material] u. s. w.), dass namentlich dann widerspenstige Bänder zum Tönen gebracht werden konnten, wenn beide inneren Bandränder auf irgend eine Weise ungleich zu einander gestellt wurden, was ich entweder dadurch bewirkte, dass ich den innern Rand des einen Bandes etwas niederdrückte, oder wenn gleich von vorn herein die beiden Glottisränder nicht ganz genau einander parallel standen, so dass beim Luftanspruch der eine Glottisrand sich etwas mehr oder früher, als der andere, erhob. Ueber diese und andere Schwingungsmechanismen sprechen wir weiter unten ausführlicher. Grossen Einfluss auf das Zustandekommen der Tonschwingungen hat, wie schon erwähnt, auch das Vorhandensein eines Windrohrs, weniger erforderlich ist ein Ansatzrohr. Das Windrohr ist am wirksamsten, wenn es gegen das Mundstück sich trichterförmig erweitert, während ein weiter Windkessel oder ein gegen das Mundstück sich verengerndes, dann aber noch eine der Stimmbänderlänge gleiche Weite behaltendes Windrohr in der Regel die Tonbildung unmöglich macht. Dieser Umstand macht sich schon an blossen Mundstücken oder sehr kurzen Apparaten geltend. Ein Mundstück, dessen Aushöhlung gegen die Bänderapertur sich trichterförmig erweitert, giebt leichter, auch ohne Windrohr, einen Ton, als eins, dessen Aushöhlung (wie die des Apparats Figur 133 𝔣) gleich kalibrirt ist. Bei Bändern, deren innerer Rand zugeschärft war (Figur 133 𝔷), fand Tonversagung nie statt. Häufig kam es auch bei meinen Versuchen vor, dass der Tonanspruch weit leichter erfolgte, wenn die Bandfläche von aussen her mit dem Finger etwas niedergehalten und so das Aufblähen derselben durch den Wind beschränkt wurde.

Aus diesen Wahrnehmungen lassen sich nun nach meiner Einsicht die Grundbedingungen der Tonschwingungen von Doppelzungen etwa folgendermaassen normiren. Die beiden Zungen müssen zu dem Windanspruche in einem solchen Verhältnisse stehen, dass erstere von letzterem in einer solchen Richtung und mit einer solchen Tension getroffen werden, dass der Mechanismus der stehenden Schwingungen beider Bänder zu Stande kommt; ferner müssen beide Zungen zu einander in einem solchen Abstande und Verhältniss stehen, dass die Schwingungen der einen die der andern nicht wesentlich stören oder gar beiderlei Schwingungen sich gegenseitig aufheben. Ist der Elasticitätsmodulus der Bänder sehr gering, so kommen die stehenden Schwingungen nicht zu Stande, sobald der Wind so stark auf sie einwirkt, dass sie nicht zu rekurriren vermögen: trifft der Wind die ganze Bänderfläche gleichmässig und in senkrechter Richtung, so kommt es auf das Elasticitätsverhältniss der innern Zonen an, ob diese sich durch den Wind mehr abtreiben und umbiegen lassen, als die übrigen, sonst entsteht

die segelartige Aufblähung*), aber keine Tonschwingung. Dagegen scheint es für eine promte Bänderschwingung, zu einem sichern, leichten Anspruch der Bänder am förderlichsten, wenn die Luft, die zum Anspruch dienen soll, durch eine Oeffnung, deren Lumen das der sich bei den stärksten Tönen bildenden Glottis nicht sehr übertrifft, in einen sich allmälig erweiternden Raum einströmt, der etwa so weit unter der Glottis, als dieselbe lang ist, sein grösstes Lumen hat, so dass sich diese Luft gehörig verdünnt, bevor sie zum Anspruch der Bänder verwendet wird. Es leuchtet nun ein, dass eine solche Luftmasse weit feinerer Nüancen der Verdichtung fähig ist, als eine Luftsäule, die von Anfang bis zu ihrer Ankunft an der Stimmbänderfläche unter einem und demselben Grad der Tension gestanden hat, und dass namentlich in solchen Fällen diese Beschaffenheit des Windrohrs ihren tonerzeugenden Einfluss geltend machen wird, wo der Spannungsgrad der Bänder von Haus aus ein geringer ist. Die segelartige Aufblähung der Bänder, namentlich wenn dieselben eine ziemliche Breite besitzen, wird dadurch vermieden, und vielmehr bewirkt, dass die innere Zone eine merklich stärkere Druckbewegung erleidet, als die äussere und mittlere, weil die äussern Schichten der im Mundstück enthaltenen Luftmasse bereits durch Beugung verdünnt sind, und erst gegen die sich gleichzeitig erweiternde Glottis zurückgebeugt, auf den anfänglichen Spannungsgrad verdichtet werden. Uebrigens erinnert diese Beschaffenheit des Windrohrs sehr an die Struktur des Stiefels der Orgelpfeifen.

Mögen beide Bänder gleich gestimmt sein, oder nicht, wohl nie sind sie so völlig von gleicher Beschaffenheit, dass sie vom Druck der sie treffenden Luftsäule gleichmässig von ihrer Ebene abgetrieben werden. Fast immer hebt sich das eine Band mehr als das andere, so dass die Luft nicht senkrecht, sondern unter einem Nebenwinkel zum Ausfallsloth ausfährt, wie man sehr leicht mittels einer vor das Instrument gehaltenen Lichtflamme oder Flaumfeder untersuchen kann. Sehr oft liegt der kegelförmige Durchschnitt des ausfahrenden Luftstroms *c f* zwischen der Axe *a b* und der verlängerten Ebene des einen Stimmbands (*c d*); und wenn derselbe zu beiden Seiten der Axe liegt, dann kommt gewiss immer der grössere Theil des Luftstroms auf die andere Seite. Natürlich muss dadurch das eine Stimmband, und zwar das, auf dessen Seite der kleinere Theil des Stroms sich befindet, stärker abgetrieben werden, stärker exkurriren, als das andere. Bei sehr enger Glottis wird durch eine solche Ungleichheit der gegenseitigen Bandränderstellung der Anspruch geradezu erleichtert.

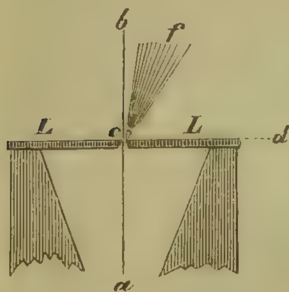


Fig. 134.

Wenn es auch zuweilen scheint, dass nur das eine Band tonangebend schwinge, das andere sich passiv verhalte, so ist dies doch wohl nie der Fall. Stets tragen beide Zungen zugleich zur Bewirkung des Tones bei, beide Zungen gerathen durch den Luftanspruch in stehende Schwingungen Das eine Band fungirt dabei für das andere als Gegenlager, und zwar als ein mehr oder weniger weiches, nachgiebiges Gegenlager, dessen dem Bande gegen-

*) Bei gegeneinander geneigten Zungen klaffen hier dieselben weit auseinander, ohne zu schwingen.

überstehende Kante man sich dabei etwa so dick zu denken hat, als die Exkursionen des Bandes an Weite austragen.

Eine andere Frage ist: finden bei und behufs der Tonbildung an Doppelbändern Exkursion und Rekursion beider gleichzeitig statt, oder alterniren diese beiden Vorgänge, dergestalt, dass während das eine Band exkurrirt, das andere rekurrirt. Nach meinen Untersuchungen findet stets das erstere Statt. Am deutlichsten erkennt man dies bei regulär gebildeter Glottis, wo die beiden Bänder in einer und derselben Ebene neben einander liegen, so dass keines das andere überragt und keine gegenseitige Berührung derselben stattfindet. Scheinbar tritt zwar die zweite Schwingungsweise in folgenden Fällen ein: wenn die Bänder von vorn herein mit ihren innern Rändern sich ganz oder theilweise berührten, und, nachdem sie durch die Luftgebung sich eine Zeitlang aufgebläht hatten, mit oder ohne Tonphänomen, die von der Stimmbandfläche zurückgehaltene und unter ihr komprimirte Luft plötzlich durch Aufsprengen des einen Bandes sich ein freiere Bahn bricht, ferner, wenn die innere Zone des einen Bandes die des andern überragt und in geringerer oder grösserer Breite deckte. Allein das Phänomen beruht nur auf einer optischen Täuschung, vor welcher ich bereits in der Einleitung zur Lehre der einlippigen Zungen gewarnt habe.

Was die Schwingungszahl oder die Tonstufen der an gleichgestimmten Doppelzungen erhaltenen Tonphänomene anlangt, so zeigen sich hier gegen den Pizzicato erhaltenen Grundton so mannichfache Verschiedenheiten, wie sie kein anderes Tonwerkzeug darbietet. Die scheinbar geringfügigsten Abänderungen an der gegenseitigen Stellung der innern Bandränder, kleine Ungleichheiten an denselben hinsichtlich ihrer Schärfe oder Zuschärfung der Ecken u. s. w., kleine Vorsprünge, Verziehungen, Einbiegungen, mögen sie von Anfang wahrnehmbar sein oder erst bei den Schwingungen hervortreten: Alles dies bewirkt Abänderungen der Tonstufe, welche mit diesen Kleinigkeiten meist in grossartigem Missverhältniss stehen. Erst nach und nach lernt man diese Kleinigkeiten, die man anfangs gar nicht beachtet, ja von deren Vorhandensein man in der Regel noch gar keine Ahndung hatte, würdigen, und mit den durch das Ohr wahrgenommenen Phänomenen in ursächliche Verbindung bringen; aber lange Zeit war nöthig, bis ich Ordnung in dies Tonchaos bringen lernte, und die Phänomene nach meinem Willen zu erzeugen in den Stand gesetzt wurde.

Wie schon erwähnt, liegt die Schwingungszahl des Tones, den zwei gleichgestimmte in einer und derselben Ebene liegende an drei Seiten fixirte Kautschukbänder geben, entweder in der Nähe der Schwingungszahl des Grundtons, oder sie differirt beträchtlich von derselben.

1. Blastöne, deren Schwingungszahl mit der des Grundtons ganz oder ziemlich übereinstimmt (Grundregister, Durchschlagtöne).

Diese Töne wurden entweder durch Anspruch von hinten (mit Windrohr) oder von vorn (mit Ansatzrohr), in der Regel an einem und demselben Apparate erhalten, so dass der bei ersterem Anspruch als Windrohr fungirende Cylinder bei letzterem als Ansatzrohr diente. Da durch die Befestigung der äussern Randzone ein Theil der schwingbaren Masse des Bandes ausser Thätigkeit gesetzt und das ganze Band dadurch etwas verschmälert wird, so fällt der tiefste Blaston, der an einem doppelzungigen Mundstücke

erhalten wird, immer etwas höher aus, als der pizzicato erhaltene Grundton, wenn auch diese Erhöhung in einigen Fällen noch keine halbe Stufe betrug. Je mehr von den Bändern gedeckt oder schwingungsunfähig gemacht wird, je schmäler sie also werden, desto höher fällt natürlich der Blaston aus, und man kann durch Fortsetzen dieser Verschmälerung den Ton in entsprechendem Grade erhöhen. So konnte ich an einem ziemlich grossen Apparate mit ringförmigem Rahmen, dessen Bänder also in der Mitte halb so breit als lang waren, durch fortgesetzte Deckung von den äussern Kanten aus eine Erhöhung im Betrag einer Undecime erzeugen, ohne dass an der Spannung und Länge der Bänder oder an der Gestalt der Glottis das Geringste geändert wurde.

Vergleichen wir den Mechanismus der Bänderschwingungen, durch welchen diese Töne hervorgerufen werden, mit dem anderer, höherer Tongattungen, so finden wir folgende Elemente, die diesem Tonregister charakteristisch und wesentlich zukommen.

Die Stimmritze steht von Haus aus offen, allerdings behufs einer schönen Tonbildung so wenig als möglich, aber doch so viel, dass die Bänder mit einander nirgends in Berührung kommen, auch bei den stärksten Schwingungen nicht. Die Anspruchsluft hat daher keine grosse Kraft nöthig, um sich einen Weg zu bahnen, die Bänder werden in der Regel nicht erst segelartig aufgebläht, bevor es zur Tonbildung kommt, sondern der Anspruch erfolgt, wenn die Organe sonst untadelhaft sind, leicht und schnell. Beide Bänder schwingen gleichzeitig vor- und rückwärts, ohne dass sich die Glottiszone bedeutend gegen die übrigen Bandpartien umkrümmt; es wird das ganze Band, soweit es beweglich ist, nach Maassgabe seiner Beweglichkeit gehoben, sinkt im zweiten Moment nicht ganz bis zur Indifferenzlage zurück, und überschreitet dieselbe im dritten Moment ein Stück, wenn es auch hier nicht so weit unter die Bandebene kommt, als im ersten über dieselbe. Es sind demnach die Schwingungen d u r c h s c h l a g e n d e. Es schwingt das ganze Band, so weit es kann, in gleicher Weise, als ob es einzeln (s. die einlippigen Versuche e) mit Gegenlager intonirt würde. Da die beiden Bänder demnach ohne merkliche Flächenkrümmung der Breite nach, oder ohne Umstülpung der Glottiszone nach aussen, schwingen, erscheint auch die Glottis während selbst starker Exkursionen verhältnissmässig wenig erweitert.

Das Timbre oder die Klangfarbe dieses Tonregisters ist bei sonst guter Beschaffenheit des Apparats schön, kräftig und sonor; der Ton lässt sich vom leisesten Piano bis zum Forte schwellen, und zwar o h n e erhebliche Veränderung der Schwingungszahl; häufig wurde jedoch eine kleine Erhöhung derselben beobachtet, bei nicht vulkanisirten Bändern auch eine grössere.

Zur Erzeugung der Töne dieses Registers, welches wir das t i e f e oder das G r u n d r e g i s t e r nennen wollen: ob es dem B r u s t r e g i s t e r des lebenden Stimmorgans entspricht, werden wir später untersuchen: sind vor allen etwas dicke, an der Glottiskante beilförmig zugeschärfte Bänder geeignet. Nur muss man die Vorsicht gebrauchen, die beiden Bänder von vorn herein n i c h t zu eng neben einander zu legen, sonst treiben sie sich bei der Luftgebung segelartig auf, und verharren in dieser Lage oft lange, bevor ein Ton erscheint. Nimmt man dünnere Bänder, so erscheint oft schon bei dieser aufgeblähten Lage der Bänder der diesem Register angehörige

Ton piano, sehr dünn und zart, wobei die Bandränder noch wenig von einander sich entfernen, und ihre Schwingungen in dieser Stellung, also gleichsam in der Schwebe, vollziehen. Bei gehörigem Geschick gelingt es, aber selten, diesen Piano-Ton durch sukcessiv verstärkten Anspruch zu schwellen, ohne dass dadurch der Schwingungsmechanismus (das Register) geändert wird. Häufiger aber ändern sich dabei die mechanischen Verhältnisse der Bänder dergestalt, dass ein neues, höheres Register zum Vorschein kommt, besonders wenn die Bänder sehr dünn und ihre innern Ränder gegen einander leicht verschiebbar sind.

Zuweilen, wenn verhältnissmässig die Glottis zu weit und der Elasticitätsmodulus der Bänder zu gross war, musste die Lufttension verstärkt werden und fiel demnach die Schwingungszahl des endlich mit Mühe erfolgenden Tones höher aus. So gab ein Apparat, der in es[1] gestimmt war, dessen Glottis aber etwas weit klaffte, erst nach einer tonlosen Pause, wobei die Bänder sich bogenartig auftrieben, den Ton h[1], also die kleine Sexte. — Wo dagegen, trotz der verhältnissmässig bedeutenden Weite der Glottis, der Anspruch dennoch leicht erfolgt, d. h. wo schon schwache Luftgebung einen Ton erzeugt, da kommt es zuweilen vor, dass dieser anfängliche Piano-Ton nur, wie man mittels des aufgelegten Fingers deutlich fühlt, von dem einen Bande erzeugt wird: crescendo fängt das andere Band mit zu schwingen an, und der Ton wird stärker und voller.

Sobald man während des Schwingens den einen oder den andern Bandrand oder einen andern wesentlichen Theil des einen Bandes berührt, niederdrückt, oder sonst in seinen physiko-dynamischen Verhältnissen stört, versagt der Ton, wofern nicht durch diese Manipulation die Bedingungen zu einem andern Register gegeben werden, und somit ein neues Tonphänomen zu Gehör kommt.

Demnach ist für dieses Register Integrität und gleichförmige Funktion beider Bänder eine wesentliche Bedingung.

Kleine, absichtlich während der Schwingungen vorgenommene, Lumenveränderungen der Glottis ändern die Tonstufe eben so wenig ab, als Aenderungen in der Lufttension. Grössere Erweiterung der Glottis hat eine mässige Erhöhung des Tons zur Folge, doch gelingt dann die Tonbildung nur mittels Windrohrs.

Wird ein solcher Apparat, nachdem man die Vorsicht gebraucht hat, die seitlichen Zonen der Bänder schwingungsunfähig zu machen, von vorn angesprochen, so dass also das Rohr, das vorhin als Windrohr fungirte, jetzt als Ansatzrohr dient, so giebt er fast genau denselben Ton von gleicher Stufe und so ziemlich auch demselben Timbre. Anders fällt gewöhnlich der Ton aus, wenn man durch das Windrohr die Luft einzieht. Dann erscheint in der Regel ein höherer Ton, der durch einen anderen Schwingungsmechanismus gebildet ist, also einem andern Register angehört.

Wenn die beiden Glottisränder nicht genau in einer und derselben Ebene stehen, der eine etwas höher, als der andere, so ändert der Ton, sobald die Bänder etwas gegeneinandergeschoben werden, seine Stufe, er wird etwas höher, auch etwas and rs gefärbt, ohne deshalb in ein anderes Register überzugehen.

Das Merkwürdigste ist aber, dass bei einer gewissen Stellung der Bandränder zu einander Töne erscheinen, die beträchtlich *tiefer* liegen, als der Pizzicato- oder Grundton. Ich nahm das bekannte Stethoskopstück, stülpte

über dasselbe zwei sehr breite, fast die ganze Apertur desselben deckende Bänder, stimmte sie in f[1], näherte ihre Glottisränder einander bis fast zur Berührung und sprach diesen Apparat bei genauem Schluss der seitlichen Lücken mittels zweier Finger von hinten an. Der Blaston hatte genau die Stufe des Pizzicato-Tones. Denselben Ton gab das Instrument, wenn ich es von vorn mit dem Munde anblies, wobei die beiden Seitenlücken mittels der angedrückten Lippen geschlossen wurden. Dabei empfanden letztere eine sehr unangenehme kitzelnde Empfindung von den Schwingungen der der Bänder, welche also, wie aus diesem Versuch deutlich hervorgeht, durch die ganze Breite und Länge der Bänder geleitet werden. Die Schwingungen waren vollständig, durchschlagende. Wurden mittels der Finger die Bänder so gegeneinander geschoben, dass die mittleren Partien der Glottiszonen einander näher rückten, als die äussern, dem Rahmen näher liegenden, und wurde bei dem nun gegebenen Anspruch die Bildung des folgenden (hohen) Registers, das beiläufig eine Septime höher als der Grundton lag, vermieden, so ertönte oft, allein, oder dem Httupttone sich beigesellend, ein eine Quarte oder Quinte (b) tiefer liegender, etwas schnarrend klingender, nicht sehr ausgiebiger Ton, der offenbar, wie sich im Hohlspiegel erkennen liess, durch Stösse der beiden Glottiszonenränder gegeneinander zu Stande kam. Es kamen nämlich dieselben beim Exkurriren in einiger Ausdehnung hinter einander zu stehen, so dass sie wenigstens in der Mitte, gegen einander stiessen und aufschlagende Schwingungen machten. Wir werden diesem und ähnlichen Tonphänomenen später öfter begegnen und dann deren Mechanismus näher untersuchen.

2. Blastöne, deren Schwingungszahl erheblich (um eine Quinte bis None) höher ist, als die des Grundtons. Ueberschlagregister.

Wir sind hier so ziemlich bei dem schwierigsten Kapitel der ganzen Theorie der elastischen Bänder angelangt, denn es handelt sich jetzt, die Grundbedingungen der verschiedenen Register oder die Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Schwingungsmechanismen dieser Körper zu erforschen. Dass in dieser Hinsicht bis jetzt noch sehr wenig geleistet worden ist, dass über die Register der todten sowohl, als der in lebenden Organismen aufgespannten elastischen Bänder noch gar keine nur einigermaassen befriedigende Theorie existirt, weiss jeder, der mit der Wissenschaft vertraut ist. Dass aber auch die Erforschung dieses wichtigen und interessanten Gegenstandes mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft ist, und eine wohl nicht Jedem zukommende Geduld, Ausdauer und Gehörssubtilität erfordert, wird mir ebenso gern Jeder stillschweigend einräumen, der nur einmal den Versuch gemacht hat, auf diesem Gebiete zu arbeiten.

Schon bei meinen frühern Versuchen, die ich mit nicht vulkanisirten Kautschukbändern anstellte, begegnete ich oft hohen Tönen, die genau oder so ziemlich eine Oktave über den (freilich mittels des Tubulus — die Pizzication kannte ich damals noch nicht — erhaltenen) Grundton erhöht lagen. Diese hohen Töne wurden theils bei offener Glottis, d. h. bei etwas in der Mitte derselben von einander abstehenden Bändern, durch stärkere Luftgebung, und zwar bald bei Vorn- bald bei Hintanspruch, bald bei beiden Anspruchsweisen zugleich, erhalten; theils war zu diesem Zwecke eine stärkere Gegeneinanderbewegung der Bänder, so dass die Glottis geschlos-

sen wurde, erforderlich. Ueber den Mechanismus der erstern, bei offener Glottis erhaltenen Tonphänomene bin ich zwar, da ich bei Anstellung der bezüglichen Versuche auf manchen wichtigen Umstand noch nicht Rücksicht zu nehmen verstand, auch in den meisten Fällen das Verhalten der Bänder nicht beobachten konnte, nicht völlig im Klaren, doch berechtigen mich einige neuere, zur Kontrole der frühern angestellten Experimente zu der Ansicht, dass jene Töne für Pfeiftöne, also gar nicht für Zungentöne, zu halten sind, und in dieser Hinsicht von den in vorigem Hauptabschnitt als Windkesseltöne No. 6 und als gefasste Lochtöne No. 12 b. beschriebenen nicht wesentlich abweichen Es wurden diese hohen Töne immer an verhältnissmässig kleinen Mundstücken mit kurzen Bändern wahrgenommen, wenn der Luftanspruch stärker gegeben wurde, als zur Erzeugung der Zungentöne des Grundregisters erforderlich war. In einigen Fällen, wo dergleichen Töne bei Hintanspruch gelangen, also die Stimmbänder genau beobachtet werden konnten, war deutlich zu erkennen, dass die Bänder sich stark vorwärts bewegten, die anfangs noch enge Stimmritze weiter wurde, und dass keine deutlichen Rekursionen von den Bändern gemacht wurden. Die Tonstufe dieser Pfeiftöne liegt, wie schon früher angegeben wurde, ungefähr eine Oktave über dem entsprechenden Zungentone. Doch kommen in meinen ältern Versuchen auch Tonerhöhungen um eine Septime, None, Decime über den Grundton vor, welche ich dem Pfeifmechanismus zuzuschreiben keinen Anstand nehme. Doch sind die Akten hierüber noch nicht geschlossen.

Folgender hierher gehörige Versuch verdient, wie ich glaube, eine specielle Aufführung. Ein kegelförmiges 1½'' langes, am dicken Ende 1'' durchmessendes und hier mit 2 Bändern von 3''' Breite bespanntes Mundstück gab, mit Ansatzrohr von 5'' Länge versehen und direkt von der Bänderseite aus mit dem Munde angeblasen, bei ziemlicher Stärke des Anspruchs den Pfeifton d^3; umgekehrt, das Ansatzrohr zum Windrohr gemacht, intonirt erfolgte sehr leicht der Zungenton a^2, welcher Ton auch erschien, nachdem das Windrohr entfernt war, und das isolirte Mundstück von hinten (vom dünnen Ende aus) angeblasen wurde. Wurde dagegen dieses Mundstück von der Bänderseite aus direkt angeblasen, so erschien bei sehr starker Luftgebung endlich der Pfeifton c^4; sobald aber das Ansatzrohr wieder angesteckt worden war, fiel dieser Pfeifton auf d^3 (1 Septime tiefer) zurück, das sich aber leicht nach c^3 (mit Zungentimbre) herunterzog. Jenes d^3 war matt und unklar, erst bei fortgesetztem Blasen an Klang gewinnend: wurde aber der Anspruch mehr koncentrirt, so sprang es plötzlich in den tiefern, lautern, vollern und angenehmern Ton c^3 um, dessen Timbre trotz der geringen Stufenverschiedenheit ganz verschieden von ersterem war, und sich offenbar als einem Zungenton angehörig verhielt.

In diesem Falle stellte das isolirte von der Bänderseite mittels des Mundes angeblasene Mundstück eine Kesselpfeife (s. S. 308 No. 6) dar, welche durch Anfügung eines Ansatzrohrs in eine Cylinderpfeife mit Obturator verwandelt wurde, und als solche einen Ton gab, der 1 Septime (der Theorie nach 1 Oktave) tiefer lag.

Der Anspruch dieser Pfeiftöne erfolgt durchaus nicht so leicht und promt, als der der gleichhohen Zungentöne, sondern immer verstreicht eine gewisse Zeit, während welcher eine gewisse Masse Luft mit ziemlicher Gewalt aus der Glottis strömt, bis die Tonbildung zu Stande kommt. Hinsichtlich des Mechanismus derselben verweise ich auf das im vorigen Hauptabschnitt hierüber Gesagte. Das Timbre dieser Pfeiftöne ist von dem der Zungentöne verschieden: erstere haben mehr Glanz und Metall, sind auch intensiver und gellender, aber weniger voluminös und dem Ohre weniger angenehm, als letztere. Wir werden übrigens im nächsten Abschnitt sehen, dass auch diese Töne ihre Repräsentanten unter den Phänomenen des menschlichen Tonwerkzeugs haben.

Die zweite Reihe der um eine Quinte bis Oktave über den Grundton er-

höhten Töne kommt sowohl an naturellen, als an vulkanisirten Kautschukbändern dadurch zu Stande, dass die Glottisränder einander bis zur Berührung genähert werden, und so in (weiter unten genauer zu beschreibende) stehende Schwingungen versetzt, das Bestreben behalten, die bei jeder Exkursion entstehende Schallritze bei der Rekursion wieder zu schliessen. Um diesen Satz, der bei der Neuheit der Sache Vielen etwas überraschend erscheinen dürfte, zu beweisen, müssen wir allerdings zuvörderst einige Versuche genauer vorführen.

Versuch 1. Um die untere, ihres Obturator's beraubte Hälfte des bereits früher benutzten Stethoskops (Fig. 126) wurden zwei ringförmige vulkanisirte Bänder von 2‴ Breite und 15‴ Länge gestülpt, und die beiden Lücken der Apertur mit Holzplatten gedeckt, so dass eine schmale Zone der Bänder mit bedeckt wurde. Letztere wurden pizzicato gleich gestimmt, und zwar in a. Die Bänder lagen neben einander, ohne eine merkliche Spalte zwischen sich zu lassen, aber auch ohne einander zu drängen. Von hinten, also mittels Windrohrs, angeblasen, erschien als Grundton h, eine Stufe über dem Pizzicato-Ton, was ganz in der Ordnung war, weil die Bänder durch das Decken um etwa $1/5$ schmäler geworden waren. Ein eine Oktave höherer Ton h^1 (bei etwas mehr Dackung c^2) liess sich auf zweierlei Weise erhalten. Theils bei gewöhnlicher, ein wenig geöffneter Stimmritze, wenn der tiefe Ton h bei schwachem Anspruch nicht erscheinen wollte und daher der Anspruch in Erwartung eines anderweiten Tonphänomens bis zum *ff* verstärkt wurde. Hier trieben sich die Stimmbänder erst ziemlich weit vorwärts und von einander ab, und nun erschien bei sehr starkem Blasen oft ein, wenn auch heiserer und unreiner, Ton h^1. Theils erschien ein Ton von gleicher Höhe, aber ganz anderem Timbre, wenn die Stimmbänder mässig gegen einander gedrängt wurden, so dass ihre innern Ränder sich etwas über die Bandebene erhoben. Wenn jetzt der Anspruch recht leise genommen wurde, so ertönte sofort, ohne irgend eine Aufblähung der Bänder, ein feiner, zarter, wohlklingender Ton h^1: der sich schwellen liess, aber dabei, weil durch Erweiterung der Glottis die Lufttension abnahm, in entsprechendem Grade tiefer wurde. Diese Vertiefung liess sich bis g^1 und selbst fis ^{1} treiben: freilich wurde der Ton endlich schnarrend, wodurch? werden wir später sehen. Wenn die Stimmbänder nur sehr mässig mit ihren innern Rändern auf einander drückten, da schlug der Ton, wenn ich ihn zu schwellen suchte, in die tiefe Oktave zurück, und nun kam es bei diesem Versuche sowohl, als bei späterer Wiederholung desselben mit neuen Apparaten, öfters vor, dass ein Mixturton, also h und h^1 zusammen, gehört wurde, welcher ein rauhes Timbre hatte, und aus zwei Tonelementen zusammengesetzt schien, einem fliessendem und einem stossenden, d. h h^1 und h.

Versuch 2 Ueber denselben Rahmen und Cylinder wurden zwei vulkanisirte Bänder von $3^1/_3$‴ Breite gestülpt und so einander genähert, dass sich ihre innern Ränder gerade berührten. Gestimmt wurden sie pizzicato in cis^1. Beim Anspruch von hinten trieben sich beide Bänder, ohne von einander zu weichen, etwas, doch nicht viel, auf, und tönten in dieser Lage mit fast unsichtbaren Schwingungen; der Ton war sehr dünn, aber schön und sonor, violenartig, die Stufe d^1, also dem Grundtone nahe kommend. Bei versuchter Wiederholung gelang dieser Ton vorläufig nicht wieder, es wichen beim Anspruch die Ränder, indem sich die Bänder auftrieben, ein wenig auseinander*), und es erschien die Oktave des Grundtons cis^2, welcher Ton sich crescendo mit intersonirenden cis^1-Fragmenten oder Stössen mischte. Bei weiterem crescendo sin al forte wurden die Schwingungen grösser, schlugen tiefer und der Ton fiel auf h^1 mit unreinem Timbre. Wurde der Anspruch auf die nur schwach gegen einander gedrückten Bänder gegeben, so erschien bei piano der hohe Ton allein, der aber sofort durch an c^1 erinnernde Tonfragmente oder Stösse getrübt wurde, wenn die Bänder stärker gegen einander gedrückt wurden. Auch beim Einziehen der Luft war nur die obere Oktave zu erhalten.

Versuch 3. Ueber die Apertur des gedachten Cylinders wurden zwei Bänder

---

*) Ob dabei der eine Bandrand über den andern zu stehen kam, darauf ist nicht Acht gegeben worden.

von solcher Breite gespannt, dass sie dieselbe fast vollständig deckten und die Deckplatten durch zwei Fingerspitzen ersetzt werden konnten. Die Stimmritze war hier spalt- (lanzett-) nicht linienförmig. Beide Bänder wurden pizzicato in h gestimmt. Sowohl beim Anspruch von hinten, als von vorn erschien der Ton des Grundregisters, dessen Timbre besonders im zweiten Falle sonor, voll- und wohlklingend war. Dieser Ton erschien nicht sogleich, sondern die Bänder blähten sich erst eine Zeitlang auf, und fingen endlich nach Erreichung einer gewissen Höhe an, zu rekurriren und auf diese Weise in stehende Schwingungen zu gerathen.*) Berührung der Bandränder während derselben war ohne Tonaufhebung nicht möglich, aber aus diesem Grunde auch das hohe Register nicht. Erst als ich durch stärkere Spannung der Bänder (in es^1) eine parallele Gegenlagerung der innern Ränder derselben erzielt hatte, konnte ich nach Belieben, und zwar leichter, als bei den vorigen Apparaten, bald das Grundregister, bald das hohe Register hervorbringen, das erstere durch etwas Abziehen der Bänder von einander, das letztere durch Gegeneinanderschieben derselben. Dieser Versuch lässt sich jetzt, nachdem die Entdeckung einmal gemacht ist, von Jedermann sehr leicht wiederholen. Uebrigens lag der hohe Ton durchaus nicht allemal eine Oktave höher, als der Grundton, sondern es kam auch vor, dass er nur eine Septime, ja einigemale auch, dass er eine None höher ausfiel, als der Grundton. Durch weitere Deckung liess sich nur der Grundton erhöhen, der Hochton nicht. Doch kam dadurch ersterer endlich auch auf gleiche Höhe, die letzterer von Anfang an hatte. Auffallend war aber dabei, dass nachdem die Bänder durch Deckung auf etwa $2\frac{1}{2}'''$ Breite gekommen waren, ein Mixturton erschien, der aus c^2 und e^1 zusammengesetzt war. Leider konnte ich dasselbe Phänomen später an diesem Apparate nicht wieder erhalten, s. jedoch den folgenden Versuch.

Versuch 4. Der im 1. Versuch gebrauchte mit schmalen Bändern versehene Apparat wurde herumgedreht, wodurch die Länge der Bänder $11\frac{1}{2}'''$ wurde, und an die Stelle der kegelförmig sich verengenden Apertur eine senkrechtwandige Grube von 10'' Tiefe trat, in derem Boden der Windkanal von 3''' Weite mündete. Pizzicato-Ton = d^1. Blaston von hinten in der Regel c^2, als Hochton: bei gehöriger Vorrichtung der Glottis erschien jedoch auch der Grundton e^1, der bei weiterer Einübung (eine solche ist bei jedem solchen Apparat auch dem geübtesten Experimentirer unumgänglich) von Piano bis zum Forte sonor und wohlklingend erzeugt werden konnte. Auch ein Mixturton, diesmal zufällig (?) abermals aus e^1 c^2 bestehend, war erzeugbar. Später zog sich der Grundton auf es^1 herab, während der Hochton seine Höhe behielt. Bei *più forte* wurde der Tiefton durch Interferenzen des Mittelregisters (s. weiter unten) unrein oder rauh. Der Spannungsgrad dieser Bänder war so ziemlich derselbe, wie in Versuch 1., nur die Länge war geringer. Differenz zwischen Tief- und Hochton = eine Sexte bis eine kleine Septime.

Versuch 5. Apparat, wie in No. 2, ähnliche Bänder. Pizzicato-Ton = f^1. Grundton bei leise sich berührenden Bandrändern und segelartiger Aufblähung ohne Auseinanderweichen der Bänder piano und sehr dünn f^1, crescendo mit Oeffnen der Glottis stärker und voller werdend ohne Erhöhung oder Vertiefung. Bei Gegeneinanderdrücken der Bänder erschien das hohe Register, das hier mit dem Ton h^1 oder c^2 auftrat, also nur eine Quinte höher, als der Grundton lag. Sonst so ziemlich, wie in den vorigen Fällen.

Versuch 6. Zwei starke, ziemlich dicke und weniger duktile Bänder, nach der Anspannung etwa 3''' breit, wurden in (für die Glottis) hinreichender Länge einseitig zugeschärft, so dass hier die Kante beilförmig wurde, und dann mit diesen so vorgerichteten Partien über die Apertur des Stethoskops gestülpt, so dass die geschärfte Kantenseite nach innen sah. Pizzicato: g^1. Blaston von hinten d^2, also eine Quinte über den Grundton; ein reiner, guter, leicht ansprechender Ton, der cresc. etwas fiel und sich überhaupt als Ueberschlagton verhielt. — Wurden dieselben Bänder mit ihren zugeschärften Partien in gleicher Weise über einen kürzern, obwohl oben eine etwas weitere Apertur (von 16'' Durchmesser) bietenden Cylinder gespannt, so dass bei geringerer Ausdehnung der Bänder der Pizzicato-Ton c^1 betrug, da trat der umgekehrte Fall ein: es war nur der Grundton d^1, aber kein Hochton, zu erhalten.

Versuch 7. Apparat wie bei Versuch 3., nur dass die Bänder stärker gespannt

*) Dasselbe hat auch Harless beobachtet.

und die Glottisränder mit möglichster Genauigkeit gegen einander gelegt wurden und einen ziemlichen Druck aufeinander ausübten. Pizzicato-Ton beiderseits fis^1. Nach genauer Deckung der zwischen den Aussenrändern der Bänder und dem Rahmen gebliebenen Lücken mittels ausgefalzter Platten, durch die der gegenseitige Bänderdruck modificirt werden konnte, gab der Apparat durch Anblasen von hinten den Ton fis^2, genau eine Oktave über den Grundton. Dabei blähte sich die Bandfläche segelartig auf, ohne dass eine merkliche Oeffnung der Glottis wahrnehmbar war. Die Tension der Luft war ziemlich stark nöthig. Dieser Ton liess sich durch weiteres Gegendrücken nicht erhöhen: eher falteten sich die Bänder dabei in die Breite. Ebenso wenig durch Weitervorschieben der Platten oder Verschmälern der Bänder oder durch Deckung der dem Rahmen anliegenden Theile der Glottiszonen. Aber er liess sich auch durch Verstärkung des Luftdrucks, so lange die gegenseitige Lage der Bänder die nämliche blieb, nicht erniedrigen, höchstens ein klein wenig, soviel auf Rechnung der Glottiserweiterung kam. Wohl aber wurde er dabei leicht unrein durch Interferenztonfragmente von tieferer Stufe, die jedoch nicht immer die des Grundtons war. Aber sobald den Glottiszonen durch Drücken der Fingerspitzen auf die Konvexität des einen oder beider Bandkörper eine andere Neigung zur Luftsäule gegeben wurde, sobald also die Konvexität der aufgeblähten Bänder oder nur eins derselben aufgehoben, und dafür eine gewisse Konkavität mit Umstülpung der Glottiszonen oder einer derselben gesetzt und so der Druck der Glottisränder auf einander mehr oder weniger gemindert wurde: da sank der Ton im Verhältniss dieser Einwirkungen, und zwar ohne Sprünge (wenigstens liessen sich diese bei zweckmässiger Manipulation vermeiden) bis auf eine Quarte, so dass dann der Abstand zwischen Grund- und Hochton auch nur eine Quinte betrug. In gleichem Verhältniss wurde die Glottis dadurch weiter, die schwingenden Partien länger und der Ton voller und stärker, auch war jetzt erst eine Vertiefung crescendo möglich und merklich.

Versuch 8. Ueber das Stethoskop wurden zwei Bänder der mittlern Breite auf die gewöhnliche Weise gespannt, und pizzicato in d^1 gestimmt. Die Oeffnungen wurden mit zwei Platten bedeckt und aufgeklebt, deren eine aus Holz, die andere aus starkem Kartenpapier bestand. Der Blaston war bei Hintanspruch c^2; wenn aber die Papierplatte mit drei Fingern so fixirt wurde, dass dadurch die Aussenkante des einen Bandes an beiden Enden und in der Mitte gedeckt wurde, so erhöhte sich der Ton um eine Stufe, kam also auf d^2. Derselbe Ton erschien, wenn beide Platten aus Holz waren.

Versuch. 9. Wurden die Bänder unverändert gelassen, nur die Glottis ein wenig erweitert, aber beide Deckplatten aus starkem Kartenpapier genommen, so fanden folgende Tonphänomene statt. Wenn die Platten nur eben so fixirt waren, dass sie deckten, so gab der Apparat bei Hintanspruch den Grundton e^1. Wurden mittels der Fingerspitzen die Platten, jedoch ohne die Bänder zu berühren, allmälig in zunehmender Ausdehnung gedeckt, so erhöhte sich der Ton, ohne dass an der Glottis etwas geschah, ohne dass die Bänder gegen einander geschoben wurden, allmälig durch alle Zwischenstufen bis c^2, also nur dadurch, dass die Aufblähung der Aussenkanten und der ihnen benachbarten Bänderzonen verhütet wurde, und allerdings auch bei den Schwingungen keine so grosse Dilatation der Glottis zu Stande kommen konnte, wie bei nachgiebigen Deckplatten.

Aus diesen Versuchen, denen wir weiterhin noch einige auxiliäre hinzufügen werden, erhellt nun wohl vorläufig zur Genüge, in was für einem Verhältnisse die gefundenen hohen Töne zum Grundtone einer elastischen Glottis stehen.

Zur Erzeugung dieses Registers müssen die elastischen Bänder so beschaffen sein, dass ihre innere Randzone gegen die übrigen, mehr seitlich liegenden Zonen einige Beweglichkeit zulässt, dass sich dieselbe ohne grosse Tension der ansprechenden Luftsäule gegen die übrigen Bändertheile umkrümmen lässt. Bänder, welche von Haus aus zu dick sind, müssen zu diesem Zwecke erst durch einen gewissen Spannungsgrad so weit verdünnt werden, dass diese Beweglichkeit möglich wird. Auch geben sie Hochtöne leichter an, wenn sie durch längere Durchfeuchtung mittels des wasserhaltigen Exspirationsstromes in hinlänglichem Grade erweicht worden sind. Sind sie

dagegen von vorn herein dünn und beweglich genug, so ist ein nur geringer Spannungsgrad hinreichend, um sie für dieses Register geschickt zu machen, und ich bemerke ausdrücklich, dass ich die erste Entdeckung des Mechanismus dieses Registers*) an einem Apparate machte, dessen Bänder ohne alle künstliche Spannung auf den Rahmen aufgeklebt worden waren. — Die Bänder müssen ferner so gegen einander gelagert sein, dass sie sich mit ihren Glottisrändern nicht nur berühren, sondern auch, dass letztere einen gewissen Druck gegen einander ausüben, kurz, dass die Glottis sich sofort ventilartig schliesst, sobald der Luftanspruch aufhört. In der Regel liegt daher die Glottiszone zu diesem Behufe nicht in derselben Ebene, wie die übrigen Bandpartien, sondern steht etwas höher, als ob sie vom Luftanspruch bereits etwas gehoben wäre. Am leichtesten bilden sich daher diese Töne an den sogenannten dachförmigen Apparaten, wo die Bänder gleich von vorn herein unter einem Winkel gegen einander geneigt liegen. Nicht minder entstehen dieselben, wenn der eine Glottisrand über den andern geschoben worden ist, mag diese Verschiebung eine vollständige, die ganze Glottiszone betreffende, oder eine nur partielle oder einseitige sein.

Je nach der stärkern oder geringern Gegenpressung der Bänder fällt die Erhöhung des Tones über den Grundton grösser oder geringer aus. Wir haben gesehen, dass dieselbe nach den angeführten Versuchen zwischen einer Quinte und einer None schwanken kann. Bei einem und demselben Apparate ist durch Modificirung des gegenseitigen Druckes mittels ausgefalzter Deckplatten eine Verschiebung dieser Tonstufe im Betrage von etwa einer Tertie möglich, zuweilen auch bei Anwendung gewisser Manipulationen (s. weiter unten) in einer noch grössern Ausdehnung. Durch Weitervorrücken der Deckplatten, also durch Verschmälern der schwingungsfähigen Bandfläche, lassen sich diese Hochtöne nicht wie die Töne des Grundregisters erhöhen. Durch Verstärkung des Luftanspruchs dagegen werden diese Töne allemal vertieft, und zwar kann diese Vertiefung nach meinen Versuchen bis zu einer grossen Tertie getrieben werden, ohne dass das Register sich specifisch ändert.



Fig. 135.

Der Mechanismus der Schwingungen dieses Registers ist demnach ein ganz eigenthümlicher, und weicht von allen bisher über das hohe oder das Falsetregister der künstlichen Mundstücke oder des lebenden Stimmorgans aufgestellten Hypothesen wesentlich ab. Es kommt nämlich dieses Register dadurch zu Stande, dass nicht, wie bei den Grundtönen, der ganze Bandkörper, soweit er durch den Luftdruck beweglich ist, in gewöhnliche Transversalschwingungen, welche, wie wir früher sahen, zu den sogenannten durchschlagenden gehören, versetzt wird, sondern dass nur die Glottiszone der Bänder in verhältnissmässig geringer Breite und in einer gegen das Centrum wachsenden Exkursionsweite durch den Luftstrom abgelenkt und in stehende Schwingungen versetzt wird, welche unter einem gewissen Neigungswinkel sowohl gegen die ruhenden Bänderpartien, als auch gegen

*) Im Frühjahr 1854. S. das Kapitel über die dachförmigen Mundstücke.

einander gerichtet sind, und daher mit dem Namen über- oder gegenschlagende bezeichnet werden können.

Von den durchschlagenden Schwingungen des vorigen Registers unterscheiden sich die des gegenwärtigen also zunächst dadurch, dass die beiden Bänder, nachdem sie, durch den Luftstrom aus ihrer Stilllage abgetrieben, ihre Exkursion vollendet haben, nicht bei der Rekursion unter die Bandebene zurück sich bewegen (nicht durchschlagen), sondern sogar noch etwas vor diesem Punkte, über der Lage des Indifferenzzustandes der Bänder, ihrer Rekursion Grenzen setzen, also während des ganzen Schwingungsvorganges in einer Kurve verharren, wie wir bereits früher bei den einlippigen Apparaten auseinander gesetzt haben. Bei letztern nannten wir diese Schwingungen überschlagende, weil sie sich während dieses Vorganges über der Bandebene oder über dem Rahmen oder der Deckplatte verhalten, ohne aufzuschlagen. Auch die Schwingungen dieser Art an Doppelbändern können wir mit diesem Namen bezeichnen: geeigneter erscheint mir aber der Ausdruck: Gegenschlagend, weil beide Bandkanten bei der Rekursion gegen eiander sich bewegen, ohne jedoch bei Vollendung einer solchen Bewegung sich zu treffen. Aber es kommt bei diesen Schwingungen noch ein anderes Moment in Betracht.

Während bei den Tönen des Grundregisters der Luftstrom nur in einer Richtung, welche zur Bandebene senkrecht steht, gegen das Band auffällt, und es so von seiner Ebene ablenkt und in Exkursion versetzt, während dabei die Moleküle des Bandkörpers, am meisten die der Glottiszone, nur der Länge nach von einander entfernt oder ausgedehnt werden, um sich im zweiten Moment des Schwingungsvorgangs wieder so ziemlich auf ihren frühern Gleichgewichtszustand zusammenzuziehen, tritt bei den Tönen des Gegenschlagregisters zu dieser einen Druckwirkung des Luftstroms noch eine zweite, zur erstern in senkrechter Richtung stehende, welche das Bestreben hat, die beiden gegen einander mehr oder weniger drückenden Glottisränder von einander zu entfernen, und auf diese Art überhaupt erst eine Glottis zu schaffen, um durch diese der bisher zurückgehaltenen Anspruchsluft einen Ausweg zu verschaffen. Da nun auf diese Art die Spannung der Luft sehr vermehrt wird, muss auch die Geschwindigkeit der dadurch angeregten Exkursionen der Bänder vermehrt werden, natürlich aber nur desjenigen Theiles oder der Zone derselben, welche von dem erwähnten Seitendrucke der Luft getroffen wird. Daher schwingt bei diesem hohen Register nicht der ganze Bandkörper, soweit er vom Luftstrome bewegbar ist, sondern nur seine Glottiszone, d. h. soweit er von jenem Seitendrucke getroffen wird. Stehen nun die beiden Druckrichtungen unter einem rechten Winkel zu einander, wie es der Fall ist bei Bändern, deren Glottiszonen in einer und derselben Ebene gegen einander liegen, so beträgt diese Beschleunigung der Schwingungen das Doppelte: es tönt dann die Oktave des Grundtons. Sind dagegen die beiden Glottiszonen unter einem Winkel zu einander geneigt, so ist der Seitendruck, der dieselben von einander zu entfernen sucht, ein geringerer, weil er nicht unter einem gestreckten, sondern unter einem stumpfen Winkel den Bandrand trifft, und dabei auch auf die anstossende Zone einwirken und sie durch Umkrümmung nach oben und aussen von der der andern Seite entfernen kann. Je weniger dieser stumpfe Winkel Grade hat, als der gestreckte, desto geringer die Tension der die Glottis durchströmenden Luft, und desto geringer die Schwingungszahl

des entstehenden Tones. Je mehr oder je weiter durch den Druck der ansprechenden Luftsäule die bisher durch die seitlich wirkende Druckkraft geschlossene Glottis geöffnet wird, eine desto breitere Partie der Glottisränder wird dadurch in Schwingungen versetzt, und desto tiefer wird auch hierdurch der Ton. Auch wird durch die Erweiterung der Glottis die Tension der durch dieselbe entweichenden Luft vermindert, was, wie wir bereits früher gesehen haben, an sich schon auf die Schwingungen der Bänder verlangsamend einwirkt. Aber nur, sobald die Luftsäule des Windrohrs gehörige Angriffspunkte an den Glottisrändern findet, kommt die gedachte Tonvertiefung mittels Lösung des Gegendrucks der Bandränder zu Stande; sobald dagegen, wie in Versuch 7, der Bandkörper mehr nachgiebt, als die innere Bandzone, sobald sich ersterer segelartig aufbläht, und dadurch die Bandränder verhindert werden, in gleichem Maasse dem Luftdrucke nachzugeben, da bleibt der anfängliche Ton so ziemlich auf seiner Stufe, auch wenn die Luftgebung verstärkt wird. Derselbe Versuch lehrt uns aber auch die Mittel kennen, durch welche die Bandfläche für die Angriffe der Luftsäule empfänglicher wird. Wenn die beiden Bänder gleich von Haus aus dieselbe Beschaffenheit haben, welche den Bändern beim Versuch 7 erst durch Fingerdruck gegeben werden musste, wenn sie von oben betrachtet rinnenförmig ausgehöhlt erscheinen, wenn demnach die Glottiszonen derselben unter einem Winkel zu einander stehen, oder gar die eine etwas über die andere hinwegragt, auf der andern aufliegt: dann hat es in dieser Hinsicht keine Schwierigkeit, dann spricht der Ton schon bei der geringsten Windgebung an, und gestattet sowohl durch Verstärkung der Lufttension eine angemessene Vertiefung, als auch durch Verstärkung des Gegendrucks eine entsprechende Erhöhung. In einem solchen Falle, wo der Grundton d¹ betrug, und der Hochton (bei geringster Luftgebung) cis², also eine grosse Septime über jenen lag, konnte ich durch sukcessive Gegeneinanderbewegung der Deck- oder vielmehr Druckplatten den Ton bis auf g² erhöhen.

Dies führt uns zu einem andern wesentlichen Element des Mechanismus dieser Schwingungen. Während die Schwingungen des Grundregisters sich über das ganze Band, soweit es überhaupt durch den Luftanspruch beweglich ist, erstrecken, beschränken sich die Schwingungen, welche die Gegenschlagtöne erzeugen, nur auf den innern Rand des einzelnen Bandes oder auf die sog. Glottiszone desselben, welche etwa, soweit sie schwingt, so aussieht wie Figur 136. Man kann daher den Bänderraum, der ausserhalb *c e d f* liegt, beliebig berühren oder selbst stellenweise bedecken, ohne dass dadurch die Schwingungen sonderlich gestört oder gar aufgehoben würden. Aus diesem Grunde ist aber auch keine Erhöhung des Tones durch Deckung der Bänder von *a o b* und *a' r b'* aus möglich. — Mit der Erhöhung des Gegenschlagtons durch Verkürzung der Glottiszone *c d e f* ist es auch eine eigenthümliche Sache. Während elastische Bänder, die nach dem Mechanismus des Grundregisters schwingen, durch Verkürzung ebenso sich verhalten, wie Saiten, die z. B. auf die Hälfte verkürzt, die Oktave ihres Grundtons geben, bewirkt eine Verkürzung der nach dem gegenwär-

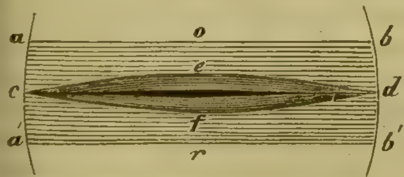


Fig. 136.

tigen Mechanismus schwingenden Bänder eine verhältnissmässig weit geringere Erhöhung. Wenn ich an dem Apparat Versuch 7 während des Schwingens die dem Rahmen zugekehrten Partien der Glottiszonen mit zwei Fingerspitzen so weit deckte, dass die Bänder dadurch mindestens um den dritten Theil schwingungsunfähig wurden, so brachte dies gar keine Tonerhöhung hervor. Wenn ich die ganze Bänderfläche mit einer Platte aus starkem Kartenpapier deckte, in dessen Mitte ein Fenster von 8''' Länge und $2^3/_4$''' Breite geschnitten war, das die Glottispartien demnach gerade zur Hälfte deckte, während die andere Hälfte schwingungsfähig blieb, und nun den Apparat mit Beachtung aller Kautelen ansprach, so erschien bei starker Luftgebung (schwache bewirkte bloss einige Aufblähung) der Ton h^2, also eine Erhöhung um eine Quarte, aber nur in Andeutung, nicht vollständig entwickelt, und welcher ebensogut auch für einen Pfeifton gehalten werden konnte; dagegen erschien crescendo der volle Ton g^2—gis^2 mit grossen Exkursionen, der also nur etwa einen Ton höher lag, als der Gegenschlagton bei ganzen Glottiszonenschwingungen. Derselbe Ton sprach an, wenn ich einen Faden quer über die Mitte der ganzen Bänderebene spannte und dann den Anspruch bewirkte. Bekanntlich bewirkt dieselbe Operation bei Grundtönen eine Erhöhung von einer Oktave.

In welcher Weise sich dagegen die Gegenschlagtöne (und zwar unabhängig von Rohransätzen, wovon später) vertiefen lassen, lehrt schon der Versuch 7. Sobald die longitudinale Spannung der Bandflächen während des Druckes der Luftsäule dergestalt vermindert wird, dass die latitudinale Umkrümmung der Glottiszone leichter erfolgen kann, dann wird der Schwingungsvorgang der einzelnen Streifen der letztern erleichtert, und der Ton fällt tiefer aus. Dies geschieht, wie wir gesehen haben, dadurch, dass die Bandfläche ausser dem Bereich der Glottiszone während des Luftanspruchs niedergehalten und fixirt wird, so dass sie sich nicht mit aufbläht, sondern in der Ebene liegen bleibt; durch dieses Mittel haben wir es auch in unserer Gewalt, den grellen Uebergang des hohen Registers in das in folgendem zu beschreibende Mittelregister zu verhüten oder einen allmäligen Uebergang in dasselbe zu bewirken.

Demnach besteht das Princip der Gegenschlagtonabstufung nicht sowohl, wie bei den Grundtönen, in Anspannung und Abspannung der Bänder der Länge nach, als vielmehr in Verschmälerung und Verbreiterung der Glottiszone theils durch Verstärkung oder Verminderung des gegenseitigen Drucks der Glottisränder auf einander, theils durch Erschwerung oder Erleichterung der Umkrümmung der Glottiszone durch Mehrung und Minderung der Longitudinalspannung der seitlichen Bandpartien. Bei gleichbleibender Länge vermag ein elastisches Doppelband mittels der gedachten Modifikationen etwa eine Reihe von 5—8 Gegenschlagtönen zu erzeugen.

Was das Timbre oder die Klangfarbe der Gegenschlagtöne elastischer Doppelbänder anlangt, so ist dies bekanntlich diejenige Eigenschaft, an welcher jedes musikalische Ohr sofort den wesentlichen Unterschied dieser Töne von den Durchschlagtönen wahrnimmt. Nach dem, was wir über die specifischen Elemente dieses Tonregisters vorgetragen haben, wird es nicht schwer fallen, auch dieses Timbre auf seine wahren Ursachen zurückzuführen, und wir benutzen diese Gelegenheit, um zugleich einige musikale Kunstausdrücke aus ihrem unklaren ästhetischen Gebiete auf den sichern Boden der Wissenschaft zu versetzen. Dreierlei haben wir hier vornehmlich zu berücksichtigen.

Erstlich finden wir, dass ein und dasselbe Zungenmundstück, das bei einem gewissen Spannungsgrade seiner Bänder z. B. den Grundton c^1 giebt, damit es denselben Ton als Gegenschlagton gebe, so weit abgespannt wer-

den muss, als für die Erzeugung des Grundtons c erforderlich ist, wofern an der Stimmbandebene nichts weiter geändert wird, als dass die Bänder bis zur innigen Berührung ihrer Glottisränder einander genähert werden. Eine geringere Abspannung reicht zur Erzeugung desselben Hochtons hin, wenn die Bänder nachgiebig genug geworden sind, um eine leichte Umkrümmung ihrer Glottiszonen zuzulassen, oder wenn dieselben schon von Haus aus unter einem stumpfen Winkel zu einander geneigt stehen. Jedenfalls erfordert aber ein Gegenschlagton eine weit geringere Längenspannung der Bänder, als ein Durchschlagton von gleicher Höhe: die Bänder sind also für die Gegenschlagtöne caeteris paribus weniger starr, weniger hart, als für die Durchschlagtöne: und diese verminderte Spannung, diese grössere Weichheit der Bänder prägt sich nun auch dem Tone auf: die Gegenschlagtöne sind weicher, sanfter als die Durchschlagtöne, es fehlt ihnen die Intensität der letztern, weil ihnen die letztern zukommende Tension der Bänder abgeht, es fehlt ihnen die Kraft, das Markige, Glänzende, Brillante, und wie die ästhetischen Kunstausdrücke weiter heissen, weil die Bänder einen geringen Widerstand der andringenden Luft entgegen setzen, als beim Durchschlagregister.

Zweitens. Angenommen nun (wir werden später sehen, ob diese Annahme richtig ist) dass die Durchschlagtöne den Tönen des tiefern, die Gegenschlagtöne den des höhern Registers des menschlichen Kehlkopfs entsprechen, so vermögen wir uns jetzt zu erklären, warum die Töne des Grundregisters des Kehlkopfs Brusttöne, die des hohen Registers (in der Regel) Hals- oder Kopftöne genannt werden. Aus der Luft gegriffen sind diese Ausdrücke gewiss nicht, vielmehr beruhen sie, wie alle populären Bezeichnungen, auf einer ganz richtigen Ahnung. Wir wissen, dass bei der Bildung der Gegenschlagtöne die Glottis bei jeder Rekursion der Bänder momentan fast ganz geschlossen wird, dass die stehenden Schwingungen hier überhaupt über der Glottisebene stattfinden, nicht durchschlagen, sondern gegenschlagen, woraus sehr natürlich folgt, dass die Mittheilung der Tonwellen fast ganz nach oben, respektive an die Luftsäule des Ansatzrohrs, und fast gar nicht nach unten, an die Luftsäule des Windrohrs (Luftröhre und Bronchien) stattfinden muss. Da nun die Erzeugung eines Tonphänomens vom hörenden Ohre in die Stelle, in welcher die Tonschwingungen sich zunächst ausbreiten, oder, wo diese Ausbreitung in zwei Räumen, einem grössern und einem kleinern geschieht, in den grössern dieser Räume verlegt wird: so muss es sehr natürlich dem Ohre vorkommen, als wenn die Töne des tiefen Registers des menschlichen Stimmorgans aus der Brust, die des hohen Registers aus dem Halse oder der (ziemlich mitten im Kopfe liegenden) Schlundhöhle kämen, und die Bezeichnungen der beiden Register sind auf diese Weise physikalisch völlig gerechtfertigt. Hierzu kommt

Drittens, dass die Stimmbänder bei den Falsettönen nicht in ganzer Ausbreitung, sondern nur mit ihren Glottiszonen schwingen. Die Schwingungen reichen in der Breitenrichtung bei weitem nicht bis zum Rahmen oder bis zur äussern Breitengränze der Bänder; ja auch in der Längenrichtung gelangen sie nur selten, und dann auch nur mit verschwindender Intensität bis zum Rahmen. Unter diesen Umständen kann aber letzterer gar nicht mitschwingen. Die Tonbildung ist auf den Mitteltheil des Instruments beschränkt, die Aussenwände nehmen keinen unmittelbaren Antheil daran, der Ton kann sich also zunächst nur durch die Luftsäule des Ansatzrohrs fort-

pflanzen, und die Wände desselben werden erst durch diese sekundären Luftmitschwingungen in tertiärer Weise mit erschüttert. Dadurch nimmt der Fistelton eine neue Eigenschaft an, er wird, wie die Gesangtheoretiker sich ausdrücken, dunkel (obscur): natürlich, weil er nicht bis ans Helle, bis an die Peripherie des Tonwerkzeugs gelangt, sondern inwendig, also im Dunkeln, sein Wesen treibt.

So viel einstweilen über dieses Register, dessen feinere Nüancen und dessen Vorkommen und Sichäussern am menschlichen Stimmorgan uns in der Folge noch reichen Stoff zu interessanten Beobachtungen und Untersuchungen geben wird.

3. Das Umschlagregister, Mittelregister.

Mit diesem Namen bezeichne ich ein Schwingungsphänomen elastischer Doppelzungen, das seiner Tonstufe nach zwischen dem tiefen und dem hohen Register in der Mitte steht, seinem Mechanismus nach dem Letztern verwandt ist, seinem Timbre nach sich auffallend von beiden unterscheidet. Bis jetzt ist dies Register noch nicht untersucht worden, obwohl es mich wundern sollte, wenn nicht demselben angehörige Töne schon meinen Vorgängern hin und wieder vorgekommen wären.

Das Umschlagregister oder die Umschlagtöne erscheinen, wenn bei sehr enger oder ganz geschlossener Glottis die unter der Bandebene komprimirte Luft, mag sie bisher ein anderweites Tonphänomen bereits eingeleitet haben oder nicht, plötzlich durchbricht und die ganze Bänderebene, soweit sie dadurch beweglich ist, in grosse gegeneinanderschlagende Schwingungen versetzt. Sie kommen daher nur an verhältnissmässig schmalen oder (durch Deckung) verschmälerten Bändern vor. Es sind stets starke Töne, die wenig Nüancen zulassen und gewöhnlich ein etwas unangenehmes Timbre an sich tragen. Sie klingen rauh, hart, schreiend, und doch ermangeln sie der zu einem schönen Tone gehörigen Klangfülle und Duktilität: oft erinnern sie an die Töne, welche die Gänse, Kälber und andere unmusikale Thiere von sich geben.

Das Umschlagregister kann sich sowohl dem Durch- als auch dem Gegenschlagregister anschliessen; es kann ebensowohl ein Grund- als ein Falsetton in einen dem neuen Register angehörigen Ton umschlagen. In ersterem Falle bildet sich auf der bisher mässig durch den Luftdruck gewölbten und in dieser Situation mit bogenförmigen gegen den äussern Rand an Länge und Höhe allmälig bis zum Verschwinden abnehmenden Exkursionen schwingenden Bandebene in Folge der steigenden Lufttension, welcher der Elasticitätsmodulus des Bandes nicht mehr das Gleichgewicht halten kann, eine förmliche Demarkationlinie, welche die bisherige Schwingungsbreite abgrenzt, und von welcher aus sich der schwingfähige Theil des Bandes förmlich aufstülpt oder umknickt, um seine Schwingungen, wie ein in Scharnier gehender Deckel, zu vollziehen. Im zweiten Falle geschieht, wenn die beiden Glottiszonen in einer und derselben Ebene liegen, eine ähnliche gewaltsame Aufsprengung mit plötzlicher nahmhafter Verbreiterung derselben; oder wenn die Glottiszonen bereits unter einem Winkel gegen einander geneigt standen, dann geschieht der Uebergang in das Umschlagregister weniger gewaltsam, sondern es geht der Gegenschlag durch Verstärkung des Luftanspruchs allmälig in den Umschlag über, indem sich die Glottiszone immer mehr verbreitert, bis sie zu ihrer vollen nicht mehr

zu übersteigenden Breite angewachsen ist. In diesem letztern Falle ist das Umschlagregister kaum mehr als ein selbständiges vom Gegenschlagregister zu unterscheiden, sondern fast nur als eine Verstärkung des letztern zu betrachten. Doch macht das veränderte Timbre auch hier noch einen merklichen Unterschied.

Demnach beruht das Umschlagregister auf einer vollständigen Ueberwindung der schwingungsfähigen Bänderpartien durch die die Glottis durchstreichende Luft. Es besteht hier keine Gränze mehr zwischen Glottiszone und seitlichen, sich passiv verhaltenden und dabei einen Theil der andringenden Luftsäule zurückhaltenden Bänderzonen, sondern die ganze von der Luftsäule hebbare Bänderfläche ist zur dem Luftstrome nachgebenden Glottiszone verwendet worden: Längendruck und Seitendruck der Luftsäule stehen in Einklang. Während bei den Phänomenen des Grundregisters der Längendruck, d. h. die der Länge nach die Bänder ausdehnende Kraft der Luftsäule vorherrscht, bei den Phänomenen des hohen Registers der Seitendruck, oder die Kraft der Luftsäule, welche die Bänder in Latitudinalschwingungen zu versetzen strebt, findet hier eine ausgleichende oder resultirende Kraftwirkung statt, bei welcher die Bänder nicht nur so weit als möglich aufwärts gekrümmt, sodern auch seitlich von der Axe der Glottisöffnung in vollem Maasse abgelenkt werden, so dass die Kurve, welche der Glottisrand zu Ende des ersten Moments jeder Schwingungsbewegung annimmt, eine seitliche Ausbiegung erhält, und dadurch die ganze Glottisapertur, von oben betrachtet, eine rhombische Gestalt anzunehmen strebt.

Die Quantität der bei diesem Register durch die Glottis in einem gewissen Moment streichenden Luft ist natürlich bedeutender, als bei den vorigen Registern, da bei einer exkursiven Erweiterung der Glottis bis auf *a c b d* der mittlere Durchmesser derselben etwa auf die Hälfte von *c d* angenommen werden muss. Es lassen sich demnach solche Töne nicht so lange bei einem und demselben Windvorrath halten, als die Grund- und vollends die Gegenschlagtöne.

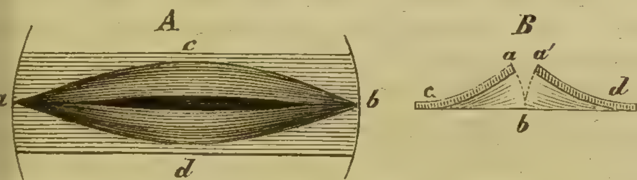


Fig. 137.

Die Tonstufe oder Schwingungszahl der Umschlagtöne liegt, wie schon erwähnt, zwischen der der Grundtöne und der der Gegenschlagtöne, die bei gleichen übrigen Verhältnissen zu erhalten sind. Im Durchschnitt liegt dieselbe so ziemlich genau in der Mitte, so dass, wenn ein Apparat z. B. den Grundton c^1 und den Gegenschlagton a^1 giebt, der Umschlagton e^1 oder f^1 beträgt. Den Grund dieser mittlern Lage glaube ich durch vorgehende Exposition des Schwingungsmechanismus hinlänglich klar gemacht zu haben, jedenfalls hat aber auch die bedeutende mittlere Erweiterung der Glottis und daraus folgende Minderung der Lufttension einen vertiefenden Einfluss, ohne welchen die Schwingungszahl merklich höher ausfallen würde.

In der Regel sind die Umschlagtöne, wie alle Töne, welche viel Luftanspruch zu ihrer Bildung erfordern, starke Töne, welche wenig Abstufungen ihrer Grösse und Stärke zulassen. Von einem eigentlichen Schwellen und Abnehmen kann daher hier kaum die Rede sein, wofern nicht gewisse, bald näher anzugebende Modifikationen eintreten.

Das Timbre oder die Klangfarbe der Schlagtöne ist im Allgemeinen unangenehm, das Ohr beleidigend; es klingen diese Töne grell, gellend, hart, platzend, grob und meist auch rauh, besonders wenn die Bandränder nicht ganz glatt und eben sind. Durch geeignete Fassungs-, Ansatz- und andere mittönende Apparate lässt sich allerdings dies von Haus aus nicht sonderliche Timbre etwas verbessern: im Allgemeinen jedoch dürften diese Töne zu musikalen Zwecken nicht zu verwerthen sein. Ueber ihr Vorkommen am menschlichen Stimmorgan werden wir im nächsten Abschnitt genauere Untersuchungen anstellen.

Modifikationen des Um- und Gegenschlagregisters.

1. Durch Niederdrücken des einen oder andern Bandes.

Wenn man, während die Bänder mit sehr enger Glottisöffnung schwingen, mag der dabei gebildete Ton ein Grund- oder ein Hochton sein, das eine Band mit einer Fingerspitze etwas unter die Schwingungsebene drückt, so springt der Ton plötzlich um einige Stufen beim Grundregister aufwärts, beim Gegenschlagregister abwärts und der bisher dünne und schwache Ton wird sofort, weil mit mehr Luft genährt, voll und stark. Der Luftstrom erhält eine schiefe Richtung, das freie Band schwingt mit grossen Exkursionen auf und nieder, das gedämpfte mit kurzen Randschwingungen. Dennoch ist der Ton nur einfach und fast nie durch Interferenzen getrübt. Bei völlig gleichgestimmten und sonst einander sehr ähnlichen Bändern bleibt das Tonphänomen dasselbe, mag man das eine oder das andere Band niederdrücken; bei Bändern dagegen, welche zwar einerlei Grundton geben, aber sonst ihren physikalen Eigenschaften nach etwas von einander abweichen, kommt es häufig vor, dass bei Niederdrückung des einen Bandes ein der Höhe nach etwas anderer Ton erscheint, als bei Niederdrückung des andern Bandes. So erschien auf einem in c^1 gestimmten Apparate, dessen ein Band etwas dicker, als das andere war, und welcher den Grundton c^1 und den Hochton c^2 gab, durch Niederdrücken des dünnern Bandes der Ton fis^1, durch Niederdrücken des dickern Bandes der Ton g^1. Alle diese Töne sprechen äusserst leicht und schon bei schwacher Luftgebung an, und gestatten je nach der grössern oder geringern Verschiebung der beiden Glottisränder, nach dem grössern oder geringern Abstand des drückenden Fingers vom Glottisrande, oder vom Rahmen, ferner je nach der verschiedenen Dicke oder Steifheit der Bänder und je nach der grössern oder geringern Tension der Luftsäule einen ziemlichen Spielraum hinsichtlich der Schwingungszahl, der bis zu einer halben Oktave betragen kann.

Man kann in Fällen, wo man zweifelhaft ist, ob man einen Grund- oder Hochton vor sich hat, sich dieser Manipulation bedienen, um das Register zu bestimmen. Findet eine Erhöhung des Tones dabei statt, so hat man einen Grundton, entstand degegen eine Tonvertiefung, so hat man einen Hochton vor sich.

Der Mechanismus der durch eine solche Verschiebung der beiden Bandebenen entstehenden Schwingungen ist im Allgemeinen und Wesentlichen derselbe des Gegenschlagregisters, das, wie wir früher bemerkten, auch an solchen Bändern leicht und gut anspricht, deren Glottisränder schon von Haus aus gegen einander etwas verschoben sind. Folgende Versuche dürf-

ten jedoch behufs der Aufklärung dieses Mechanismus noch Berücksichtigung verdienen.

Ueber den bekannten Rahmen wurden 2 Bänder, wie in Vers. 2 (S. 416) gespannt, und zwar so, das der Rand des einen etwas über dem des andern stand, ohne dass jedoch am Rahmen selbst ein Ueberziehen des einen Bandes über das andere stattfand. Der gemeinschaftliche Grundton war h. Von hinten angeblasen erschien der Hochton h^1 oder c^2, welcher sich crescendo durch b^1 nach a^1 herabzog, und dann von einem Schnarrton begleitet wurde, der 1 Oktave tiefer lag. Beim Niederdrücken des einen oder das andern Bandes vertiefte sich der Ton auf g^1, crescendo auf fis^1 mit Zunahme der Fülle und Stärke. Die Bandränder hatten allerdings das Streben, bei wachsendem Luftdruck sich wieder parallel zu einander zu stellen.

Derselbe Versuch wurde nun so wiederholt, dass das eine Band wirklich von Haus aus bei der Anspannung etwas aufgeworfene Ränder bekam, und sein Glottisrand daher auch bei stärkerem Luftanspruch eine etwas höhere Stellung behielt, als der des andern. Der Grundton war c^1, der Hochton $h^1 - c^2$. Wurde das tieferstehende Band mit dem Finger etwas niedergedrückt, so sprang der Ton auf g^1, und wurde voller und stärker. Beim Hochton gerieth der tiefer stehende Bandrand wieder in theilweise Berührung mit dem des andern, bei dem tiefern Ton g^1 dagegen wurde diese Berührung vermieden und es fand ein Gegenschlagen der Schwingungen von oben nach unten und umgekehrt statt. Verschmälerung des einen wie des andern Bandes durch Decken mit der Holzplatte erhöhte den Hochton etwa nur um 1 Stufe, gleichzeitige Verschmälerung beider Bänder höchstens um $1\frac{1}{2}$ Stufe. Allmäliges Gegeneinanderdrängen der beiden Glottisränder bei Vermeidung des Untereinanderschiebens derselben erhöhte den Hochton wie in den frühern Versuchen (bis auf es^2).

Demnach bestätigt sich bei diesen Vorrichtungen auch nur das von uns bereits früher gefundene Gesetz, dass die gegenschlagenden Töne ihre Schwingungszahl dem Grade des zu ihrer Erzeugung erforderlichen auf die Bandränder wirkenden Luftdrucks akkommodiren. Die bei den angeführten Versuchen durch Tieferstellung der einen Glottiszone eintretende Vertiefung des Tones erfolgt hier weniger gewaltsam und plötzlich, als bei dem eigentlichen Umschlagregister, weil die Stellung der Glottisränder zu einander eine allmäligere Ausgleichung der Spannungsgrade der Anspruchsluft zulässt.

2. Durch Uebereinanderschiebung der Glottiszone.

Schon J. Müller fand bei seinen Versuchen, dass man an elastischen Doppelzungen „reine“ Töne erhalten könne, wenn beide Glottisränder übereinander liegen. Harless wiederholt diese Angabe, und bemerkt dabei, dass die Tönung unter diesen Umständen leichter erfolge, doch sei der Ton in diesem Falle nicht so rein, als wenn sich die Ränder nicht berühren, indem er etwas Schnarrendes habe, ähnlich wie die sogenannten Klirr- oder Schnarrwerke der Orgel. Mehr wissen jene Forscher über diese Töne nicht zu sagen.

Wir haben bereits oben gesehen, dass durch die in Rede stehende Vorrichtung zwei gleichgestimmte Bänder einen in der Regel ziemlich eine Oktave über dem Grundton liegenden Ton angeben, welcher sehr leicht und promt bei schon sehr geringer Windgebung anspricht, und offenbar dem Gegenschlagregister angehört. Wenn ich mit sehr dünnen, von vornherein mit den Glottisrändern genau nebeneinander gelagerten Bändern operirte, deren äusserer Rand, wenn er nicht bis zum Rahmen reichte, nur einfach mit Holzplatten bedeckt wurde, so kam es gewöhnlich vor, dass beim Schwellen des bei Piano-Anspruch erscheinenden Hochtons die Glottisrän-

der etwas in der Richtung des Anspruchs gegen einander wichen, so dass der eine Rand beim Schwingen etwas über den andern zu stehen kam, und der Hochton durch den schnarrenden Ton der tiefen Oktave (des Grundtons) getrübt wurde; und nach Beendigung dieses Tonphänomens hatte sich dann oft der eine Glottisrand, welcher weitere Exkursionen gemacht hatte, über den andern gelegt, offenbar in Folge einer seitlichen Verschiebung des Bandes, das bei der segelartigen Aufblähung etwas aus seiner anfänglichen Lage verrückt worden war, indem der Druck der Deckplatte nicht hingereicht hatte, um der aufblähenden Kraft der Luftsäule das Gleichgewicht zu halten. Ja, es kommt unter diesen Umständen auch vor, dass sich der unter der Deckplatte befindliche Rand in Folge der die Bandfläche hebenden und aufblähenden Kraft der Luftsäule völlig oder in ziemlicher Ausdehnung losreisst, und dann sich nicht mehr unter, sondern neben dem Rande der Deck platte befindet, und dadurch Anlass zu einem neuen Tonphänomen giebt, das in dieser seitlichen, neugebildeten Glottis spuria hervorgerufen wurde. Dergleichen Störungen geben, wenn sie zum ersten Male vorfallen, und man noch nicht ihre Ursache kennt, zu zahlreichen Irrungen und Missdeutungen Anlass. Zur nähern Erforschung dieser Verhältnisse stellte ich folgende Versuche an.

An dem schon oben in dem Vers. 3 (Gegenschlagregister) gebrauchten Apparate schob ich die beiden breiten Bänder so gegen einander, dass sich die Glottiszonen allenthalben etwa 1''' breit einander deckten. Der Pizzicato-Ton beider Bänder war e^1. Wurde nun der Apparat von hinten, wie gewöhnlich, angesprochen, so blähten sich beide Bänder einigermaassen auf, so dass sich gegen die Mitte zu die Glottisränder von einander abschoben; die obere (deckende) Glottiszone schwang beim Toneintritt, der ziemlich promt und leicht erfolgte, von der untern scharf ab und aufwärts; ihre Schwingungen erstreckten sich über die ganze Länge derselben und in einer Breite, welche die der gewöhnlichen Gegenschlagschwingungen caeteris paribus etwas übertraf. Die untere (gedeckte) Glottiszone schien ihre Schwingungen, welche etwas kleiner erschienen, niederwärts zu machen, so dass wenigstens die mittlere Partie derselben etwas konkav erschien. Die Glottisaxe lag demnach so ziemlich der Stimmbandebene parallel, die Luft entwich seitwärts über die Ebene des tiefern (bedeckten) Bandes. Die Tonstufe des dabei hörbaren Phänomens war durch fis^2 zu bezeichnen, lag also eine None über der des Grundtons. Diese ungewöhnliche Erhöhung erklärt sich aus der Verschmälerung der Bänder, die hier merklich grösser war, als bei frei nebeneinander schwingenden Glottiszonen. Wurde der Luftanspruch verstärkt, so erhöhte sich der Ton etwas (um $^1/_2$ bis 1 Stufe), insofern dadurch der untere Bandrand dem obern stärker angepresst wurde, und dadurch die Glottis und der Schwingungsbereich sich verengte. Durch theilweise Deckung (Verschmälerung) des untern Bandes mittels Vorschiebens der Deckplatte oder durch mässige Niederdrückung desselben mittels des Fingers vertiefte sich der Ton um $^1/_2$ bis 1 Stufe. Nur wenn durch diese Manipulation das untere Band dem obern etwas mehr (beim Schwingen) genähert wurde, was einige Male vorkam, da erhöhte sich der Ton etwas. Durch Deckung u. s. w. einer grössern Partie des obern Bandes sprang der Ton ins Umschlag- oder Mittelregister nur, er vertiefte sich etwa um 1 Quarte, wobei er voller und stärker wurde, ohne sonderlich an Wohlklang zu verlieren. Die Vertiefung beträgt also hier weit mehr, als bei Druck aufs andere Band. Zuweilen erschien ein solcher Ton von gleicher Stufe, aber von geringerer Fülle und Stärke, schon gleich Anfangs, bei voller Bänderbreite. In diesem Falle, so wie in dem, wo dergleichen Mitteltöne durch Druck aufs obere Band erschienen,

musste der Gegendruck beider Glottiszonen auf einander geringer gewesen oder überwunden worden sein, wie wir bereits früher auseinander gesetzt haben.

Nahm ich statt dieser breiten Bänder schmälere, so dass etwa $1/4$ der schwingfähigen Breite des untern Bandes vom andern gedeckt wurde, so erschienen gewöhnlich nicht eher Tonschwingungen, bis durch fortgesetzte Aufblähung der Bänderfläche der gedeckte Bandrand in der Mitte frei geworden und sich eine gerade Stimmritze auf diese Art gebildet hatte. Der Ton war dann natürlich nicht so hoch, als im vorigen Falle, sondern verhielt sich mehr den daselbst erwähnten Umschlagtönen analog. Wurde die Anhaftung der beiden Bandränder, so lange sie bei Fortdauer des Luftdrucks bestand, durch Fingerdruck aufgehoben, so entstand ein tieferer Ton, der sich so ziemlich verhielt, wie die analogen Phänomene des vorigen Abschnittes. War das obere Band schlaffer, als das untere, oder deckte es das untere nicht allenthalben genau, so gelangen die Tonschwingungen leichter und es war auch das hohe Register ausführbar. Bemerkenswerth waren die verschiedenen Interferenzphänomene, die jedesmal eintraten, sobald bei wachsendem Anspruch der untere Bandrand mit dem obern in Kollision kam, und dem Tone ein schnarrendes Timbre aufprägten.

Was es mit dem „Schnarrenden" der hierher gehörigen, sowie vieler anderer bereits früher erwähnten Nebentonphänomene, wenn sie mit etwas verstärktem Luftdruck erzeugt werden, für eine Bewandtniss habe, werden wir später in einem eigenen Kapitel (Interferenzphänomene) genauer untersuchen.

4. Blastöne, deren Schwingungszahl niedriger ist, als die des Grundtons. Aufschlag- oder Schnarrregister.

J. Müller und Harless geben an, dass der bei gewöhnlichem Anspruch erfolgende Ton elastischer Doppelbänder (natürlich solcher, die bei offener Glottis schwingen) etwas tiefer ausfallen, als der mittels des Tubularanspruchs erhaltene Grundton. Ich habe mich bereits über die Mangelhaftigkeit dieses Verfahrens, den Grundton elastischer Bänder zu bestimmen, erklärt, und kann mir jenes Resultat nicht anders erklären, als dass die genannten Forscher die Eigenstimmung der Einzelbänder dadurch zu ergründen gesucht haben mögen, dass sie den innern Bandrand unter einem stumpfen Winkel angesprochen haben, in welchem Falle allerdings der Ton, den das Band giebt, durchschnittlich eine Tertie höher ausfällt, als wenn jener Bandrand spitzwinklich intonirt wird. So viel steht aber fest, dass der durch vollen Anspruch erhaltene Grundregisterton elastischer Bänder von gleicher Stimmung niemals tiefer ausfällt, als der wahre, pizzicato erhaltene Grundton derselben, sondern immer (wenigstens ein wenig) höher, wie ich solches als durchaus nothwendig bereits früher nachgewiesen habe. Alle bisher betrachteten Tonphänomene elastischer Doppelbänder waren auch in der That mehr oder weniger höher, als der Pizzicato-Ton.

Nun ist es aber doch auch mir einige Male an elastischen Doppelzungen vorgekommen, dass ein Ton vernommen wurde, der tiefer lag, als letzterer. Jedenfalls war dies aber ein ganz anders gebildeter Ton, als die Töne, welche Müller und Harless als unter dem Grundton liegende bezeichnet haben. Wohl aber gehören die an einlippigen Zungen von J. Müller und mir erhaltenen Tieftöne hierher, die wir beim Einblasen erhielten, wenn die Deckplatte unter den Glottisrand geschoben worden war. S. die einlippigen Versuche n). Meine Beobachtungen an Doppelzungen sind folgende.

Der Apparat war der gewöhnliche, mit 2 Bändern mittler Breite und ziemlich geringer Spannung versehen: der Pizzicato-Ton war a. Die Stimmbänder, von welchen das eine, das wir *a* nennen wollen, etwas dicker war, als das andere (*b*), waren behufs der Erzielung von Gegenschlagtönen genau gegeneinander gefügt. Beim Anblasen rückte aber der Rand des Bandes a vor, und der erfolgende Ton war ein Mittelton c[1], eine kleine Tertie höher, als der Grundton. Dennoch muss dieses c[1] zum Grundregister gerechnet werden, denn crescendo wurde es nicht vertieft, sondern bis auf d[1] erhöht, ohne eine Spur von Interferenz. Wurde dabei das Band b mit dem Finger niedergedrückt, so erschien der modificirte Umschlagton e[1]. Gleiche Wirkung erfolgte, wenn dasselbe Band mit der Platte ein Stück weit gedeckt wurde; der Ton erhöhte sich bis auf fis[1], wenn diese Platte bis hart an den Glottisrand vorgeschoben wurde. Blieb dagegen die Platte *b* an ihrem Rande stehen, und wurde die andere Platte bis in die Mitte von *a* vorgeschoben, so ertönte bei Piano-Anspruch ein dumpfer, wenig klingender Ton f, einmal sogar *es*, also eine grosse Tertie bis Quarte unter dem Grundton liegend. Dabei blieben die Bänder scheinbar zusammenhaftend und schwangen mit sehr kleinen Exkursionen gegen einander; crescendo ging der Ton (ob plötzlich oder allmälig, weiss ich nicht mehr) nach as, einmal auch nach b (also wieder höher als der Grundton) über, wobei die Bänder sich mehr hoben, grössere Schwingungen machten, und mehr Luft durchliessen. Wurde in dieser Lage die Luft eingezogen, so tönte c[1]. Jenes as (etwas tiefer, als der Grundton) war ein mit Interferenzstössen gemischter, übelklingender Ton; zuweilen blieben diese Stösse, die vom dünnern Bande gegen das dickere zu gehen schienen, weg, und nun erschien durch kleinere Randschwingungen erzeugt, der hohe Gegenschlagton e[2], zwei volle Oktaven höher, als der tiefste vorhin erhaltene Ton. Wurden beide Platten bis zur Hälfte der Bänderbreite vorgeschoben, so wichen beim Anblasen die Glottisränder wieder auseinander, und es entstand der legitime Gegenschlagton cis[2].

Bei mehrern andern Versuchen beobachtete ich, wie wir später, wenn wir zu den Interferenzphänomenen gekommen sein werden, genauer untersuchen wollen, Verunreinigungen der Hochtöne durch gleichzeitig sich beimischende Stösse oder Tonfragmente, die zuweilen die Idee eines Tones gaben, der tiefer, als der Grundton lag. Diese Beobachtungen, zusammengehalten mit einigen schon an den frei angespannten Einzelbändern gemachten Beobachtungen, sowie mit den hierher gehörigen Versuchen an einlippigen Rahmen-Apparaten, veranlassen mich zu der Ansicht, dass die hier stattgehabten Tieftöne zu den Aufschlagtönen gehören, welche zwar in der Regel mit Tönen anderes Mechanismus kombinirt erscheinen, aber doch auch unter Umständen (s. z. B. im Vers. d) isolirt auftreten können. Bei diesen Tönen schlägt der schwingende Membranrand gegen ein überstehendes halbfestes Gegenlager auf, das zwar nicht in gleicher Weise mitschwingt, aber doch soweit beweglich ist, dass es die Exkursionen nicht geradezu hemmt, sondern dieselben nur beschränkt und sehr verlangsamt. Dass sich die Sache wenigstens bei den tiefen Tönen der einlippigen Apparate so verhalte, haben wir bereits früher erörtert. Aus diesen frühern Erörterungen geht aber auch hervor, dass die Verhältnisse der elastischen Doppelzungen im Allgemeinen zur Erzeugung aufschlagender sowohl als einschlagender Schwingungen ungünstig sind, da dieselben immer nur einseitige Schwingungen machen, und diese stets mit einem ihnen zugekehrten ähnlichen Bande zusammen ausführen.

b) Bänder von ungleicher Stimmung.

Bei den Versuchen mit Bändern von ungleicher Stimmung häufen sich die Schwierigkeiten und die Möglichkeiten zu Fehlern der Beobachtung noch mehr, als bei den bisherigen Experimenten. Bisher ist auf diesem Gebiete

erst sehr wenig geleistet worden, verhältnissmässig noch am meisten von J. Müller. S. die Einleitung zu diesem Abschnitt.

Die Apparate, mit denen ich operirte, waren der kurze, besonders bei den einlippigen Versuchen vielfach gebrauchte Petschaft-Cylinder, und das Stethoskopstück, über welche in der bekannten Weise zwei Bänder von (von Haus aus) möglichst gleichartigen Verhältnissen, aber mit verschiedener Spannung, gestülpt wurden. Anfangs nahm ich die Spannungsgrade, wie sie sich gerade darboten, später modificirte ich sie nach eignem Plane. Auf diese Weise habe ich nach und nach mit Bändern von 2 — 8‴ Breite, und mit Spannungsintervallen von 1 Sekunde bis 1 Oktave experimentirt. Die beiden Grundtöne wurden pizzicato bestimmt, ein Paarmal wurde auch der Tubulus benutzt, doch hat man ihn selten nöthig. Durch die verschiedene Spannung werden nun freilich die physikalen Eigenschaften der beiden Bänder einigermaassen und zwar um so mehr, je grösser das Grundtonintervall beträgt, abgeändert, so dass die anfängliche Gleichartigkeit derselben, namentlich in Bezug auf die beiden Glottiszonen gestört wird. So wird in der Regel die eine durch die stärkere Spannung dünner, als die andere; dabei kann auch die ganze Bandebene alterirt werden und entweder etwas konvex oder konkav ausfallen, wodurch der Glottisrand sich entweder über den des andern (weniger gespannten) Bandes hebt oder unter denselben senkt. Oder der Glottisrand des einen Bandes beschreibt eine noch komplicirtere Kurve; er kommt dabei stellenweise mit dem des andern Bandes, besonders während des Schwingungsvorgangs, in momentane Berührung, was gleichfalls nicht ohne störende Wirkung ablaufen kann. Die in allen Fällen nothwendige und für den Schwingungsmechanismus sehr einflussreiche Abweichung von den Bändern gleicher Spannung besteht aber darin, das beim Anblasen das weniger gespannte Band vom Luftstrom stärker abgetrieben wird, als das stärker gespannte, dass sich also stets eine schräg stehende Glottis bildet, dass während des Schwingens stets der eine Glottisrand im Mittel höher steht als der andere. Alle diese und mehrere andere Abweichungen des gegenseitigen Verhaltens der beiden Bänder bedingen ebenso viele Abweichungen in den akustischen Phänomenen, sowohl in den Registern, als auch den einzelnen Tonstufen. So gab z. B. die spätere Wiederholung eines Versuchs mit in einem und demselben Intervall (h : e′) gestimmten Bändern unter scheinbar denselben Verhältnissen wesentlich andere, von den des erstern Versuchs abweichende Resultate.

Was zuerst das bei gewöhnlichem, von hinten kommenden Anspruch der beiden, eine deutliche Glottis zwischen sich lassenden, beim Schwingen also einander nicht störenden Bänder erscheinende Grundtonphänomen anlangt, so ist zuerst zu bemerken, dass dieses im Allgemeinen ebenso einfach ist, als bei Bändern von gleicher Stimmung. Man hört bloss Einen Ton, obwohl, wie sich deutlich erkennen lässt, beide Bänder schwingen. Dieser Ton verhält sich seinem Klange und seinen sonstigen materiellen Eigenschaften nach wie die Töne des Grundregisters gleichgestimmter Bänder. Aber seine Schwingungszahl zeigt manches Eigenthümliche.

J. Müller stellt als Regel auf, dass diejenige Lamelle töne, welche bei dem jedesmaligen Anspruch leichter in Schwingungen versetzt werden kann; wenn der Anspruch der Bewegung beider Lamellen angemessen sei, so könnten sogar beide schwingen und sich zu einem einfachen Tone akkommodiren, können aber auch verschiedene Töne oder bei verändertem Anspruch

beide Töne hintereinander hervorbringen. Man sieht, dass Müller zu wenig mit dergleichen verschieden gestimmten Lamellen operirt hat. Alle seine Angaben beruhen auf richtigen Beobachtungen: als Gesetze aber hingestellt sind sie sämmtlich falsch. Erstlich tönen stets beide Bänder, aber nie ist dieser Ton genau der Grundton des einen oder andern Bandes, sondern immer ein Mittelton, ferner sind die bei verändertem Anspruch hintereinander erzeugten „Töne" ganz anders zu deuten, als es Müller gethan zu haben scheint. In der Regel liegt der Grundton zweier Bänder von verschiedener Stimmung zwischen den beiden Grundtönen der isolirt in Schwingungen versetzten Bänder, wie aus folgender Uebersicht hervorgeht.

Intervall.	Einzeltöne.	Blaston.	Intervall.	Einzeltöne.	Blaston.	Bemerkungen.
Oktave	g — g^1	es^1	Quarte	a^1 — d^2	c^2	
„	d^1 — d^2	c^2	„	h — e^1	f^1**)	
„	cis^1 — cis^2	gis^1	„	„ „ „	d^1	
Septime	g — f^1	g^1**)	„	c^1*) — f^1	g^1**)	
„	f — es^2	des^2	„	e^1 — a^1	g^1	
Sexte	d^1 — h^1	g^1	Gr. Tertie	d^1 — fis^1	e^1	
Gr. Sexte	h — gis	fis^1	„	h — dis^1	dis^1	
Quinte	h — f^1	e^1	„	„ „ „	h^1 — fis^1	Spannung der (schmalen) Bänder sehr schwach
„	d^1 — a^1	fis^1 (sehr dünne Bänder.)	Kl. Tertie	h — d^1	d^1	
„	c^1 — g^1	e^1	„	d^1 — f^1	e^1	
„	„ „ „	f^1 — cis^2	Sekunde	f^1 — g^1	fis^1	
			„	f^1 — g^1	f^1 — fis^1	

Doch nähert sich derselbe mehr dem Grundtone des höher, als dem des weniger gespannten Bandes, und liegt in der Regel eine Stufe unter letzterem. Die Schwingungszahl wird also vorzugsweise vom stärker gespannten Bande bestimmt. Die Spannung der Anspruchsluft hat dabei schlechterdings keinen Einfluss, denn mag man schwach oder stark blasen, der Grundton eines solchen Apparats, mag die Bänderspannung eine gleiche oder ungleiche sein, wird dadurch weder erhöht noch vertieft. Wohl aber kann unter Umständen durch verstärktes Blasen ein neues Register auftreten, davon später.

Die Erklärung der Tonstufe dürfte etwa sich nach folgenden zwei Hypothesen geben lassen. 1) Der Ton, den wir hier als dem Grundregister angehörig annehmen, wird zunächst von den Schwingungen des gespannteren Bandes *a* geliefert, als dem schneller***) ansprechbaren. Wäre das andere, schlaffere Band *b* durch eine feste Holz- oder Metallplatte vertreten, so würde das Band *a* einen Ton geben, der eine Quarte bis Sexte höher liegt als sein Grundton. Allein dies ist nicht der Fall; es ist ein nachgiebiges Gegenlager vorhanden, das durch die Luft etwas verdrängt wird, sowohl nach oben, als auch nach aussen (vom Rande des schwingenden Bandes abwärts), auch wenn es nicht mitschwingen sollte. Schon dadurch wird die

*) Dasselbe Band, das bei der Septime g gewesen war.

**) Die Erklärung dieser höheren (decrescendo noch höher steigenden) Tonstufen wird weiter unten gegeben werden.

***) Weil dessen erste Schwingung eher beendigt ist, als die des andern Bandes.

Tension der ansprechenden Luftsäule verringert, und so die Schwingungen des Bandes *a* in entsprechendem Maasse verlangsamt. Aber das Band *b* wird vom Luftstrom gleichfalls in stehende Schwingungen versetzt. Zwei gleichgestimmte, nebeneinander in einer Ebene frei schwingende Bänder geben aber, wie wir wissen, ihren Grundton. Auch in unserm Falle strebt jedes der beiden Bänder seinen Grundton zu geben. Dies geht aber nicht. Da, wie erwähnt, das Band *a* eher in Schwingungen geräth, als *b*, so muss auch die Anspruchsluft in dem Augenblick, in welchem die 2. Exkursion des Bandes *b* beginnt, schon durch die Bewegung des Bandes *a* einen neuen Bewegungsimpuls erhalten haben, der sich dem Bande *b* mittheilt. Dasselbe kann aber bei seinem geringern Elasticitätsmodulus diesem Impuls nicht in der intendirten Schnelligkeit folgen, es schwingt daher zwar schneller, als es ohne diesen Impuls gethan haben würde, aber doch nicht so schnell, als das Band *a* schwingen möchte. Durch diese Hemmung, die die vom schwingenden *a* der Luftsäule mitgetheilten Vibrationen durch *b* erleiden, vermag *a* auch seine Schwingungen nicht mehr in der beabsichtigten Schnelligkeit auszuführen, weil das Medium, in welchem es schwingt, es durch seine langsamer gewordene Molekularbewegung daran verhindert. So kommt die sogenannte Kompensation der beiderseitigen Schwingungen zu Stande. Wohl selten ist man im Stande, bei einem gewissen Intervalle der beiderseitigen Grundtöne im Voraus zu bestimmen, welchen Blaston der Apparat geben wird; denn nicht nur die Differenz des Grundtons, sondern auch die der physikalen Eigenschaften der beiden Bänder überhaupt müssen hier in Anschlag gebracht und genau gegeneinander gehalten werden, ehe man, wozu gewiss eine verwickelte mathematische Rechnung erforderlich wäre, den resultirenden Ton im Voraus bestimmen kann.

2) Der Ton wird zunächst vom schlaffern, als dem beweglichern Bande geliefert, so dass das straffere Band die Rolle des Gegenlagers, das wir uns vor der Hand als fest denken, spielt. Ein festes Gegenlager erhöht, wie wir wissen, den Grundton des Einzelbandes um eine Quarte bis Sexte. Ein nicht ganz festes, oder etwas nachgiebiges Gegenlager bringt keine so grosse Erhöhung zu Stande, als ein ganz festes. Je nachgiebiger, desto geringer diese Erhöhung. Ist demnach die Spannungsdifferenz der beiden Bänder gering, so wird auch die Tonerhöhung gegen den Grundton des schlaffern Bandes gering ausfallen. Nun kommt aber noch der Einfluss der Schwingungen des höher gestimmten Bandes dazu, welcher in dem Falle, wo die Erhöhung durch das Gegenlager allein nicht zur Erklärung der Höhe des gemeinschaftlichen Tones ausreicht (z. B. in den beiden Fällen, wo der Unterschied 1 Oktave betrug $g - g^1$ und $d^1 - d^2$), das Fehlende an der Schwingungszahl supplirt, oder in dem Falle, wo das höher gestimmte Band an sich nachgiebig genug oder nicht viel weniger nachgiebig ist, als das tiefer tönende, es gar nicht bis zur vollen Erhöhung des Tones, soweit dieselbe vom Gegenlager abhängig ist, kommen lässt.

Bei allen den Versuchen, wo der erhaltene gemeinschaftliche Grundton höher ausfiel, als der Grundton des höher gestimmten Einzelbandes, ist zu bedenken, dass hier gegenseitige Berührung der Glottisränder stattfand, und dass beim Schwingen stets, wie auch im vorigen Falle, der Glottisrand des schlaffern Bandes etwas höher sich hebt, als der des höher gestimmten. Bei dieser Disposition bildet sich eine schräge und zugleich klaffende Glottis, die schon an und für sich auf den Grundton erhöhend einwirkt, indem hier das

schlaffere Band nicht in voller Breite, sondern nur mit seiner Glottiszone, die sich gegen die übrigen Zonen desselben Bandes umkrümmt, in Schwingungen, welche hier schneller sind, versetzt wird. Ist die Schwingungszahl dieser Schwingungen mit der der gewöhnlichen vollen Schwingungen des andern Bandes übereinstimmend, so giebt der Apparat einen Ton mit der Schwingungszahl des höher gestimmten Bandes: ist jene Schwingungszahl dagegen merklich höher, als jene, so giebt der Apparat beim Anblasen einen Ton, der in der Mitte beider liegt, und daher leicht höher ausfallen kann, als der Grundton des isolirten straffern Bandes.

Wenn bei gut konditionirten Apparaten der bei offener Glottis in eben gedachter Weise erhaltene Grundton durch stärkeres Blasen geschwellt wird, so gesellt sich demselben die tiefe Oktave als Neben- oder Interferenzton bei; durch *più crescendo* erhält dieser tiefe Ton die Oberhand und wird zuweilen ganz rein erhalten, so dass man vom obern oder Grundton gar nichts mehr hört. Besonders schön gelang dieser Versuch bei der Stimmung in der Sexte d^1—h^1, wo der Blaston (Grundton) g^1 crescendo von g begleitet wurde, und bei forte in dies g ganz überging, das also eine Quinte unter dem Grundton des tiefer gestimmten Bandes stand. Ebenso erschien bei der Oktavenstimmung cis^1—cis^2 der Blaston gis^1, crescendo mit gis sich verbindend. Zuweilen (bei breiten Bändern) ist erst eine mässige Verengung der Glottis nöthig, wobei der Grundton um 1 Stufe steigt, um die tiefe Oktave zu erhalten. Für gewöhnlich bleibt aber bei diesem Gegeneinanderschieben die tiefe Oktave aus. Wir werden bald auch sehen, dass dergleichen tiefe Oktaven auch auf Tönen vorkommen können, die einem noch höhern Register angehören.

Erhöhen liess sich der Grundton einer ungleichgestimmten Doppelzunge zunächst durch Verstärkung des Luftanspruchs, wenigstens ein wenig; weit mehr dagegen durch Deckung oder Verschmälerung des einen oder beider Bänder. In der Regel durften beide Bänder gleichzeitig nur etwa bis auf ihre halbe Breite verschmälert werden, widrigenfalls sich das Register änderte. Dagegen liess sich die Verschmälerung weiter treiben, wenn nur das eine oder andere Band gedeckt wurde. Deckung des höher gestimmten Bandes schien in einigen Fällen keine so grosse Tonerhöhung zu bewirken, als die des schlafferen Bandes; doch war dies nur scheinbar, weil hier die bis zu einem gewissen Grade getriebene Deckung des schlaffern Bandes den Uebergang in ein höheres Register vermittelte; in andern Fällen dagegen wurde bestimmt eine grössere Erhöhung beobachtet. Bei meinen späteren Versuchen wurde durch Verschmälerung des höher gespannten Bandes immer eine ausgiebigere Tonerhöhung bewirkt, als durch Verschmälerung des schlafferen Bandes. Ja, es kamen Fälle vor, wo letztere Modifikation gar keine Tonerhöhung zur Folge hatte, und wo es einerlei war, ob das gespannte Band allein verschmälert wurde, oder beide zugleich. Oder es wird durch ein geringeres Vorschieben der Deckplatte des schlaffern Bandes dessen Ton um $\frac{1}{2}$—1 Stufe erhöht, bei weiterem Vorschieben dagegen fällt der Ton wieder auf die Stufe des gemeinschaftlichen Grundtons, der dann matter ausfällt, und crescendo mit der höhern Oktave als Interferenzton begleitet wird, welcher bei noch stärkerem Anspruch allein hörbar wird, ebenso wie in andern Fällen die tiefe Oktave des gerade vorhandenen Grundtons. Zuweilen lässt sich aber durch Verschmälerung beider Bänder gleichzeitig der Ton bis gegen 1 Sexte bis Oktave ohne Registeränderung erhöhen. Auch bei dergleichen durch Verschmälerung erhöhten Grundtönen kamen zuweilen bei stärkerem Blasen tiefere Interferenztöne vor, die aber dann nicht mehr eine ganze Oktave tiefer lagen, sondern 1 Tertie bis Quinte oder Sexte. Vielleicht ist die tiefe Oktave stabil, und von dem erhöhenden Einflusse der Bandverschmälerung unabhängig?

Das schlaffere Band springt während des Schwingungsvorganges immer mehr vor, als das gespanntere. Wird das erstere durch Vorschieben der Deckplatte mehr verschmälert, als das letztere, so kommt dieses beim Schwingen ebenso weit vor, als jenes, und man kann eine Identität der beiderseitigen Schwingungszeiten erzielen, so dass dann der gemeinschaftliche Grundton gleichhoch ausfällt, als der des isolirten höher gespannten Bandes.

Dieselbe Wirkung, wie das Vorschieben der Deckplatte, hat auch das Auflegen der Fingerspitze, wofern es so gehandhabt wird, dass dadurch wirklich der gedeckte Theil des Bandes schwingungsunfähig wird. Die Berührung darf daher nicht bis zur sogenannten Glottiszone vorschreiten.

Dieses Manöver hat, am schlaffern Bande ausgeführt, grössere Wirkung als am strafferen. Während es dort den Ton um eine Tertie bis Quarte erhöht, bewirkt es hier nur etwa eine Erhöhung von 1 Sekunde, die auch in der Regel klein ist.

Sobald man vor oder während des Schwingens die Fingerspitze auf die Mitte der Glottiszone legt, so bildet sich hier eine Schwingungsknotenlinie, das Band theilt sich, und schwingt mit seinen beiden Hälften, giebt also die höhere Oktave seines Grundtons. Diese Knotentöne lassen sich leichter auf dem schlaffern, als auf dem straffern Bande erzeugen. Dabei scheint das andere Band sich passiv zu verhalten, wenigstens vernimmt man nichts von einem Tone, der auf dasselbe bezogen werden könnte. Bei einem Apparate mit breitesten Bändern, die in d^1 und f^1 gestimmt waren, und den gemeinschaftlichen Grundton e^1 gaben, erhielt ich die hohe Oktave e^2, wenn ich bei ungestörter Lage des f^1-Bandes das andere Band mit dem vom Rahmen an querüber die Bandfläche bis auf etwa $1/3$ Abstand von der Glottis geschobenen Finger dämpfte. Die Glottis stand dabei offen, und schien schwebende Schwingungen zu machen: Bildung einer Knotenlinie in der Mitte war nicht deutlich wahrzunehmen.

Wurden die sehr breiten Bänder mit den aufgelegten Fingern etwa bis auf $1/3$ ihrer Breite gedämpft, so sprang der Grundton um 1 Septime bis Oktave aufwärts, ohne dass eine Knotenbildung der Länge nach nachgewiesen werden konnte, während durch blosses Berühren der Glottiszone des höher tönenden Bandes eine Erhöhung von nur 1 grossen Tertie erzielt werden konnte. Bei jenem hohen Tone, der auch schon durch einseitige Deckung mit dem (der Länge nach aufgelegten) Finger bewirkt werden konnte, stand die Glottis offen, die Ränder schwangen unmerklich. Jedenfalls ist dieser Ton seinem Mechanismus nach verwandt oder sogar identisch dem bei zu weitem Vorschieben der Deckplatten zu erhaltenden Hochton, von dem wir bald näher sprechen werden.

Werden die beiden Bänder einander bis zur Berührung entgegengeschoben, so erhöht sich der Ton in der Regel nur um eine Stufe, nicht, wie bei den gleichgestimmten Bändern, um 1 Quinte oder Oktave. Dabei wird der Ton oft stärker, voller. Zuweilen ist der Grundton gar nicht ausführbar, und es ist sofort einiger Gegendruck beider Bänder erforderlich, um überhaupt einen Ton, der dann bisweilen sogar etwas höher, als der Grundton des höher gestimmten Bandes, ausfällt, zu erhalten.

Durch stärkeres Gegeneinanderschieben, Vorschieben der Glottisränder gegen- oder übereinander, einseitige Laxation der Aufblähungstension, Verschmälerung der gegeneinander gepressten Bänder und ähnliche Manipula-

tionen waren mehrere andere Schwingungsmodifikationen möglich, die ebenso viele neue Tonregister zum Vorschein kommen liessen. Die wichtigsten dieser Phänomene sind etwa folgende.

Wenn die Bänder behufs des höhern Registers zusammengeschoben worden sind, und der Anspruch piano gegeben wird, so entsteht oft erst ein hoher, etwa 1 Quinte bis 1 Septime über dem Grundton liegender, feiner, dünner Ton, wobei die Glottisränder aneinander haften und beim Schwingen sich sehr wenig von einder entfernen (Schwebregister); crescendo weichen die Ränder besser von einander, indem der schlaffe Rand vorkommt, es dringt mehr Luft durch, und der Ton erhält die Lage und den Mechanismus, wie vorhin (gewöhnlich 1 Stufe über den Grundton).

Werden die Bänder, nachdem sie durch allmälige Deckung mittels der Platten bis etwa auf die Hälfte ihrer Breite den höchsten Grundton, dessen sie fähig sind, gegeben haben, durch weiteres Vorschieben der Platte noch mehr verschmälert, so springt der Ton um einige Stufen, in der Regel um 1 Quarte oder Quinte, in die Höhe, und geräth so in ein neues Register, bei welchem die Bänder merklich ab und sehr wenig auseinander getrieben werden, die Glottisränder aber einander ziemlich parallel gegenüber stehen bleiben, und in dieser Lage Schwingungen machen, die beträchtlich kürzer und schneller sind, als die des Grundregisters. Diese Schwingungen geben einen Ton, der, wenn die Glottisränder dabei sich berühren, gewöhnlich dünn und zart einsetzt, oder Verstärkung ohne gleichzeitige Vertiefung zulässt. Sobald bei wachsendem Anspruch oder sonst einem Einfluss der Glottisrand des schlaffern Bandes über den andern zum Vorsprung kommt, bildet sich sofort eine seitliche oder schräge Glottis, die Lufttension lässt nach, und die Schwingungen werden langsamer: der Ton fällt dann etwa ebenso weit zurück, als er vorher aufwärts gestiegen war.

Dieselbe Wirkung erreicht man, wie schon erwähnt, so ziemlich, wenn man während der Angabe eines Tones des Grundregisters eine Fingerspitze so neben die Glottiszone des einen Bandes legt, dass dadurch letztere beim Schwingen etwas hinter der andern zurückzubleiben genöthigt wird.

Jener hohe Schwebton mit zartem Timbre wird umschlagartig, oder in einen Ton des Umschlagregisters verwandelt, wenn die dabei stattfindende Konvexität der beiden seitlichen (neben der schwingenden Glottiszone gelegenen) Bänderzonen durch wachsenden (oder gleich von Anfange hinlänglich stark gegebenen) Luftdruck überwunden und so die schmalen Schwingungen in breitere, sich auch über jene seitlichen Zonen erstreckende Schwingungen verwandelt werden. Die Tonlage sinkt bei diesem Uebergange etwa um 1 Stufe. Zuweilen ist aber der Bandapparat auch so beschaffen, dass dieser Uebergang allmälig, ohne Gewaltsamkeit, zu Stande kommt; z. B., wenn das eine Band schon von Haus aus eine stärkere Umkrümmung der Breite nach erlaubt, und was dergleichen Möglichkeiten noch mehr sind. In solchen Fällen kommt es freilich nicht leicht zu jenem Schwebregister, oder es fällt dies nicht so hoch aus, weil dann der eine Glottisrand der Lufttension keinen so grossen Seitendruck entgegensetzen, oder die Luft so hartnäckig zurückhalten kann, als wenn beide Bänder gehörig steif sind und sich nicht leicht umschlagen lassen.

Schon beim Grundregister kommen dergleichen Varianten zuweilen vor, wenn die gegenseitige Glottisränderlage sich etwas abändert; und es hängt zum guten Theile von dieser Lagerung ab, ob der Grundton eines ungleich-

stimmigen Apparats höher oder tiefer ausfällt. So gab der grössere meiner Apparate mit 2 Bändern mittler Breite, die in h und f[1] gestimmt waren, nur bei genauer Fixirung der Aussenränder, und wenn die beiden Glottisränder gut und genau in einer Ebene einander gegenüber standen, bei schwachem Anspruch den Ton e[1], während crescendo der Rand des schlaffern Bandes vorsprang, dadurch die Glottis in eine schräge umgewandelt, die Exkursionen überhaupt freier und zu leichterem Anspruch gebracht wurden, und der Ton um 1 Stufe stieg. Bei dem erstern Tonvorgange blieben die Glottisränder *in toto* einander parallel gegenüberstehend, und klafften während der Exkursionen nur wenig auseinander: nach dem Versuch war die vorige Lagerung der Bänder wieder da. Beim 2. Tonvorgange prallte der Glottisrand des schlafferen Bandes vor, und blieb auch nach Aufhören der Schwingungen ein wenig über den Rand des andern Bandes geschoben stehen.

Jener Sprung, der der weitern Erhöhung des Grundtons bei Verschmälerung der Bänder durch Vorschieben der Deckplatten ein Ziel setzt, und den Uebergang in ein neues Register bezeichnet, lässt sich vermeiden, wenn die beiden Bänder, nachdem sie etwa zur Hälfte gedeckt sind, gegen einander geschoben werden. Der Uebergang aus dem Grundregister ins hohe (Gegenschlag- oder Schwebregister) geschieht dabei so unmerklich, dass ich früher dadurch irre geführt glaubte, man könne durch blosses Verschmälern der Bänder den Grundton bis auf seine Decime u. s. w. erhöhen. Dies ist aber nicht der Fall: die höhern Töne, die hier erhalten wurden, werden nicht mehr durch durchschlagende, sondern durch gegenschlagende oder durch schmale (schwebende) Randschwingungen erzeugt.

Zuweilen stellt sich, wie schon angedeutet, die tiefe Neben- oder Interferenzoktave erst auf diesem hohen Register ein. So bei dem schon einmal erwähnten Apparat, dessen Bänder in h — f[1] gestimmt waren. Wurde hier das schlaffere Band um die Hälfte verschmälert, das hohe breit gelassen, so kamen, was bei vorliegender Frage von Bedeutung zu sein scheint, bei der Luftgebung beide Glottisränder so ziemlich ins Gleichgewicht, d. h. sie machten gleich weite Exkursionen, und der Ton war c[2]. Crescendo wurde dieses c[2] von Nebenschwingungen begleitet, die genau c[1] gaben, beide Töne wurden eine Zeit lang ganz schön, ohne einen widrigen Eindruck zu machen, zusammen gehört, bis bei forte nur noch der tiefe Ton allein vernommen wurde. Wenn die Stimmritze etwas weiter gemacht wurde, so fand keine tiefe Oktave mehr statt, der Ton (c[2]) wurde voller und vertiefte sich crescendo auf b[1].

Wenn der Glottisrand des schlaffern Bandes, das also von Haus aus vom Winde stärker abgetrieben wird, und weitere, höher, als die des gespanntern gehende Exkursionen zu machen strebt, mit der Fingerspitze oder irgend einem Instrumente so weit niedergedrückt wird, dass er unter den des andern Bandes zu stehen kommt, dann sind je nach Maassgabe der Einwirkung verschiedene Tonmodifikationen möglich. Wird vor Beginn der Schwingungen jener Glottisrand niedergehalten, so schwingt das andere (höher gestimmte) Band mit tonangebenden Exkursionen, die einen etwa 1 Tertie höher, als der anfängliche Grundton, liegenden Ton geben, der übrigens um so höher ausfällt, je näher dem Glottisrande die Berührung stattfindet, und umgekehrt. Wird derselbe Glottisrand nach schon erfolgter Einleitung der Schwingungen leise berührt, so bildet sich der 1 Oktave höher, als der vorige Grundton liegende Knotenton, der übrigens auch je nach der Grösse der durch die Berührung getroffenen Bandfläche einigermaassen variiren kann. Wird die mittlere Zone des Bandes niedergedrückt, so stemmt sich die Glottiszone beim Anspruch aufwärts, kann aber nicht bis über den Glottisrand des andern (gespanntern) Bandes sich erheben; beide Glottisränder bleiben mehr oder weniger zusammenhaften, und kämpfen gleichsam um den Vorrang. Je nachdem nun mehr die eine oder die

andere Glottiszone bei den Exkursionen die Oberhand erhält, ertönen bald höhere, bald tiefere Töne, die jedoch immer einige Stufen höher liegen, als der anfängliche Grundton.

Nach diesen und ähnlichen Beobachtungen können wir drei Modifikationen des hohen oder des Gegenschlagregisters, wenigstens an ungleichstimmigen Doppelbändern, unterscheiden.

1) Das bereits bekannte, schon bei geringem Luftdruck erfolgende Gegenschlagregister, von weichem, sanftem Timbre, das sich crescendo vertieft, und dessen Unterschied vom Grundton um so viel mehr beträgt, je geringer das Intervall der beiden Bändergrundtöne ist, wie wir noch genauer angeben werden. Die gegenseitige Stellung der Bandränder zu einander, sowie die Kraft, mit welcher dieselben aufeinander drücken und der Luftsäule Wiederstand leisten, bewirkt, wie schon erwähnt, verschiedene Stufenabweichungen. Die Schwingungen geschehen von der Stimmbandebene aus, die Bänder werden nicht erst von der Luft über dieselbe abgetrieben, bevor die stehenden Schwingungen beginnen. Bei sehr schräg stehender Glottis können die Rekursionen sogar etwas unter die Stimmbandebene gehen, was Tonvertiefung zur Folge hat, und wohl auch nur bei starken Tönen vorkommt.

2) Die Tonschwingungen beginnen erst, nachdem die Bänder vom Wind ein Stück über die Bänderebene aufgetrieben oder aufgebläht worden sind: die Glottisränder haften *in toto* aneinander, öffnen sich beim Schwingen sehr wenig, der Luftanspruch braucht jedoch nicht viel stärker zu sein, als beim vorigen Register, die Tonstufe ist bei ungleich gestimmten Bändern meist bedeutend höher, als die des vorigen Registers. Durch verstärkten Luftanspruch schlägt der Ton oft um in die vorhin erwähnte Modifikation des vorigen Registers mit Bildung einer seitlichen, verhältnissmässig weiten Glottis; der Sprung kann hier fast eine ganze (tiefere) Oktave betragen. S. auch oben S. 436.

3) Die Bänder werden vom Wind aufgetrieben, die Glottis klafft ziemlich weit auseinander, es ist verhältnissmässig starker Luftdruck erforderlich, um einen Ton zu erhalten, die Schwingungen sind sehr klein und nur auf eine schmale Randzone beschränkt, die Schwingungszahl noch höher, als die des vorigen Registers.

Ueberhaupt bedingen der Spannungsgrad, die Breite, die Ebenenverhältnisse der Bänder noch verschiedene Modifikationen.

Wo der Tonstufenunterschied beider Bänder nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stufe beträgt, da bewirkt die Gegeneinanderschiebung der Bänder eine grössere Erhöhung, z. B. um eine Tertie, Quinte bis Oktave, und es nähern sich dann die Bänder in dieser Hinsicht so ziemlich den gleichgestimmten. Bei sehr breiten (in d^1 und f^1 gestimmten) Bändern erhöhte ein mässiges Zusammenschieben nur um 1 Stufe, stärkeres bis auf die Sexte des gemeinschaftlichen Grundtons*). Wo der eine Glottisrand (des gespanntern Bandes) über den andern aufgeworfen war, da erhöhte sich durch Gegenschieben der Grundton um 5 Stufen, welcher höhere Ton anfangs von einem, dem Grundtone entsprechenden Interferenztone begleitet wurde, bei stärkerem Gegendrucke aber rein zum Vorschein kam.

*) Fast scheint es, nach meinen Versuchen, als ob diese Erhöhung allemal 1 Oktave minus den Tonstufenunterschied der beiden Bänder betrage.

Sind die angewandten Bänder schmal und zugleich sehr wenig gespannt, da liegt der gemeinschaftliche Grundton immer höher, als der des gespanntern Bandes. In einem solchen Falle lag er genau eine Oktave höher, als Grundton des schlaffern Bandes, und dabei $1\frac{1}{2}$ Stufe höher, als der bei geschlossenen Rändern erscheinende Gegenschlagton mit schräger Glottis*), aber 1 Quarte tiefer, als der bei klaffender Glottis und mit Randschwingungen sich bildende Ton. Sind dergleichen schmale Bänder stärker gespannt, dann weichen ihre Tonphänomene von den von uns als normal aufgeführten nicht ab. Ebenso verhalten sich auch mässig breite, aber sehr dünne Bänder normal.

Wenn der Glottisrand des tiefer gestimmten Bandes etwas dicker ist und höher steht, als der des andern Bandes, so sind die Verhältnisse am normalsten. Um in dieser Hinsicht eine Ausgleichung zu erzielen, nahm ich 2 von Haus aus verschieden dicke Bänder, und suchte das dickere Band durch stärkere Spannung auf etwa gleiche Dicke mit dem andern (schlaffern) Bande zu bringen. Es ragte nun das letztere nicht, wie in den meisten bisherigen Versuchen, über das andere weg, sondern es standen beide in fast gleichem Niveau. Die Einzelstimmung war h und gis[1], Abstand 1 grosse Sexte. Die erhaltenen Tonphänomene wichen jedoch kaum von den bisherigen als normal bezeichneten ab. Der Grundton fis[1] wurde, wenn das tiefere Band bis auf etwa $\frac{2}{5}$ seiner Breite gedeckt wurde, von der hohen Interferenzoktave begleitet, die bei stärkerem Blasen oder bei Zusammenschieben der Bänder rein erschien, sich wohl auch durch Verstärkung dieser Operation noch etwas erhöhen liess, welches Letztere auch noch in andern Fällen beobachtet wurde. Solche Töne des hohen Registers sind auch durch Verschmälerung des schlaffern Bandes, wenigstens mehr, als die dem Grundregister angehörigen Töne, erhöhbar.

Beim Einziehen der Luft oder beim Anspruch von vorn konnte ich keine erheblichen Abweichungen der Tonphänomene von den an gleichgestimmten Zungen erhaltenen beobachten.

Von dem vertiefenden, beziehendlich erhöhenden Einfluss, den Rohransätze auf die hier betrachteten Töne ausüben, sprechen wir in einem eigenen Kapitel.

c) Interferenzphänomene.

Es wird hier der geeignete Ort sein, über diese Phänomene, die sich uns nun bereits unter verschiedenartigen Verhältnissen und Bedingungen dargeboten, und über welche wir durch die bisherigen Forschungen ein vorläufig genügendes Material erhalten haben, zu einem gewissen theoretischen Abschluss gelangen zu suchen. Wir wollen daher diese Phänomene zuerst in ein Resümee zusammen fassen, die Bedingungen, unter welchen sie auftraten, vergleichen, und dann eine Theorie derselben versuchen.

Zuerst traten uns Phänomene der Interferenz, d. h. der gegenseitigen Einwirkung zweier sich nahe genug liegenden Wellensysteme auf einander, an freien Einlippen entgegen. Wir sahen und hörten, dass, wenn ein elastisches Band so über einen Rahmen, der sich in einen Hohlkörper fortsetzt, aufgespannt ist, dass der dasselbe mittels des Tubulus ansprechende Luftstrom es von zwei Seiten in Bewegung zu versetzen vermag, zweierlei Wellenbewegungen in demselben erregt werden konnten, von welchen die eine von

*) Später stimmte seine Stufe mit der dieses letztern Tones so ziemlich überein.

der getroffenen Kante, die andere von der Fläche aus begann, von welchen also die erstere eine latitudinale, die andere eine transversale war. Es geriethen also hier zwei Wellensysteme mit einander in Kollision, deren Bewegungen oder Wellenaxen in einem rechten Winkel zu einander standen. Die Phänomene, welche hierbei beobachtet werden konnten, gaben der Ansicht Raum, dass, je vollständiger die beiden Wellensysteme sich über die ganze Bandfläche oder Banddicke verbreiteten, desto grösser das Intervall der beiden dadurch bewirkten Tonphänomene ausfiel, d. h. dass dieses Intervall bei möglichster Vollständigkeit beider Wellensysteme eine volle Oktave betragen mochte. Da jedoch die Möglichkeit zweier mit selbständiger Tonbildung gleichzeitig in einem und demselben Bande auftretender Wellensysteme auf Grund anderweiter akustischer Vorgänge bezweifelt werden kann, und ich später das ganze Phänomen, wenn ich nach diesen Voraussetzungen den Versuch wiederholte, und dabei alle Störungen vermied, nicht wieder erzeugen konnte, so vermuthe ich, dass jene Interferenzen durch Stösse entstanden seien, die der vordere Bandrand bei seinen Transversalschwingungen gegen den Tubulus machte, was leicht übersehen werden konnte, da man bei diesem Versuche den vordern Theil der Schwingungssphäre eben nicht sehen kann. Was dabei überhaupt mit Augen wahrzunehmen war, habe ich bereits, so viel wenigstens meine Augen davon zu erfassen vermochten, früher angegeben.

Zweitens kamen uns dergleichen Interferenzphänomene mehrmals bei den Versuchen mit gefassten, durch einen die ganze Bandkante bewegenden Luftstrom intonirbaren Einlippen vor. Als Grundbedingung dieser Interferenzen stellt sich, bei Vergleichung der hier anziehbaren Phänomene, heraus, dass bei einseitig erzeugter Wellenbildung keine Interferenz, kein Aufschlagton erzeugbar ist, weder an frei schwingenden Bändern, so lange in deren Schwingungsphäre kein Hinderniss gehalten wird, noch an gefassten Einzelzungen, welche nur von einer Kante aus in Schwingungen versetzt worden sind, sondern, dass auch hier zwei nach verschiedener Richtung gehende Wellensysteme in dem Bande erregt werden müssen, um ein solches Interferenzphänomen zur Wahrnehmung kommen zu lassen; und zwar ist es immer ein sekundäres, d. h. erst nach der Erregung des einen, transversalen Wellenvorganges eintretendes und diesem sich beigesellendes Schwingungsphänomen, das die andere, anfangs ruhende oder anders schwingende Randzone sollicitirt, welches die Entstehung des interferirenden Nebentons vermittelt. So beobachteten wir in Vers. a) S. 369, dass erst bei stärkerem Anblasen ausser dem primär schwingenden, der Platte *P* zugekehrten Theile des Bandes *L* auch die dem Rahmen *R* aufliegende Zone sich von diesem abzuheben und in Schwingungen, die wir als auf- oder anschlagende bezeichneten, zu gerathen anfing; und erst bei Eintritt dieser letztern ertönte der tiefe Schnarr- oder Interferenzton mit. Desgleichen erhielten wir bei Vers. i) 2. durch Einziehen der Luft crescendo gleichzeitig die beiden Töne g¹—g, von welchen der tiefere durch Schläge entstanden zu sein schien, welche die Membran gegen die Klappe (oder umgekehrt die Klappe gegen die Membran) führte. Ausser diesen durch aufschlagende Schwingungen erzeugten begegneten wir aber auch einige Male Interferenzen, welche durch blosse Streifungen der nicht primär schwingenden Bandkante am Rahmen oder Gegenlager entstanden zu sein schienen. So im Vers. b), c) und e). In b) beobachteten wir einen Interferenzton in Folge der Streifungen des primär nicht tönenden (bisher gedeckten) Bandrandes gegen den Rand der Deckplatte, nachdem diese so weit abgezogen war, dass ihr Rand mit dem des Bandes beim Luftanspruch in Kollision gerathen konnte. In c) fand dasselbe am Rahmenrande statt, wenn das Band demselben zu nahe gerückt worden war. In e) erschien ein Interferenzton,

wenn das die Rahmenapertur fast genau deckende Band sich etwas verschoben und dabei mit der einen Kante dem einen Rahmenrande zu nahe gekommen war. Ausser diesen Interferenztönen, welche sämmtlich tiefer waren, als der Grund- oder Primärton, begegneten wir aber auch in Vers. h) 1. solchen, welche 1 Oktave höher lagen, als der anfänglich erscheinende. Der (1 Sexte unter dem Grundton liegende) Ton e^1 wurde hier oft mit der Oberoktave e^2 begleitet, die aber nach Umständen auch allein erhalten werden konnte.

Dieselben Versuche an einlippigen Apparaten gaben uns aber auch bereits die Mittel an die Hand, dergleichen Interferenzen zu verhüten, und den einen oder den andern Ton nach Belieben rein zu erhalten. Ueber die Art und Weise, den hohen Ton rein zu erhalten, brauchen wir hier nicht weitläufig zu sein: wo nur eine Stimmritze wirken soll, muss man dem Entstehen einer zweiten vorbeugen, wo zwei Stimmritzen thätig sein sollen, muss man dafür sorgen, dass in beiden nur durchschlagende oder überschlagende (schwebende) Schwingungen stattfinden. Um den tiefen Ton allein zu erhalten, verfahre man, wie es in den Versuchen e), i) und k) angegeben ist. Also man blase entweder einen Apparat, wie Figur *A.* oder *B.* unter Versuch e) von vorn an, wo ein eine Quarte bis Quinte unter dem Grundton liegender Ton erhalten wurde, oder man blase einen Apparat, dessen Glottiszone von einer biegsamen Platte bedeckt ist, von hinten an, und man wird noch tiefer liegende Töne erzielen können; so wie man auch nach J. Müllers Vorgange und nach Versuch k) Töne, die eine Quarte bis Quinte unter dem Grundtone liegen, erhält, wenn man eine Membran, unter deren Glottisrand eine feste Platte geschoben ist, von vorn anbläst.

Gehen wir nun zu den zweilippigen Apparaten über, so bieten sich uns die Interferenzphänomene noch weit zahlreicher dar. Was zuerst die gleichgestimmten Bänder anlangt, so erscheinen dieselben fast regelmässig, sobald sich hier Gegenschlag mit Aufschlag verbindet, d. h. wenn die Bänder soweit einander genähert worden sind, dass sie beim Anblasen das hohe Register hören lassen. Wird hier der Luftanspruch verstärkt, so mischen sich dem anfangs reinen Tone die Interferenzschläge, welche in der Regel einen eine Oktave tieferen Ton geben, bei; bei noch stärkerer Luftgebung gewinnen diese tiefer tönenden Schwingungen die Oberhand, so dass fast nur noch der tiefe Ton gehört wird. Der tiefe Ton ist aber nicht identisch mit dem Grundtone, auch wenn er mit demselben auf gleicher Stufe steht. Er klingt rauh, und lässt schon auf den ersten Gehörseindruck erkennen, dass er durch einen andern Mechanismus entstanden ist, als jener. In vielen Fällen liegt er auch, wie wir bald sehen werden, merklich tiefer, als der Grundton. Ferner konnten Interferenzphänomene bei von Haus aus offener Glottis vorkommen, entweder wenn die Bänder absichtlich gegen einander getrieben werden, und beim Intoniren nicht das hohe Register anspricht, sondern der Grundton, dem sich ein etwa eine Quinte tieferer Schnarrton beimischt; oder wenn der Ton nicht sofort ansprechen wollte, und die Bänder in Folge der durch den Luftdruck entstandenen Auftreibung endlich von den Deckplatten soweit wegrutschten, dass ihre Glottisränder beim Exkurriren in Kollision kommen mussten. Bei allen von uns angewandten Bändersorten und Apparaten haben wir diese Phänomene beobachtet, mit Ausnahme der dicken, an der Glottiszone zugeschärften Bänder. Am sichersten erschienen sie, wenn der eine Glottisrand beim Schwingen etwas über den andern vorprallte oder wenn derselbe gleich von vorn herein etwas vor oder über dem andern lag. Dagegen habe ich beim Einziehen der Luft oder beim Vornan-

spruch Interferenzphänomene noch nicht hervorbringen gekonnt.*) Auch durch stärkeres Zusammendrücken der Glottisränder, aber auch umgekehrt durch Abziehen derselben von einander wird das Zustandekommen dieser Tonphänomene aufgehoben. Das Intervall der beiden interferirenden Töne beträgt bei Bändern von gleicher Stimmung immer eine Oktave, sobald der Ton des hohen Registers eine Erhöhung von einer Oktave über den Grundton zeigt; in andern Fällen kann das Intervall auch geringer sein.

Bei Bändern von ungleicher Stimmung beobachten wir manche Abweichungen. Zuerst tritt uns hier der eigenthümliche, jedoch (seit der S. 438 mitgetheilten Entdeckung) nicht mehr auffallende Umstand entgegen, dass der tiefe Interferenzton häufig sich dem Blastone beigesellt, der als Grundton dieser Apparate zu betrachten ist. So wurde bei der Pizzicatostimmung d¹—d² das Interferenzphänomen a¹ a, bei c¹—g¹ die Töne f¹ f, bei d¹—h die Töne g¹ g, bei cis¹—cis² die Töne gis¹ gis beobachtet u. s. w. Demnach lag hier der tiefe Interferenzton in der Regel beträchtlich, in einem Falle eine ganze Sexte, tiefer, als der Grundton des tiefer gestimmten Bandes. Ferner erschienen bei ungleich gestimmten Bändern oft Interferenzen auf höhern Tönen, und zwar nicht nur auf dem durch Verschmälerung des einen oder andern Bandes erhöhten Grundtone, sondern auch auf Tönen, die einem höhern Register angehörten. In letzterem Falle lag der Tiefton nicht allemal eine Oktave unter dem Hochtone, sondern zuweilen betrug dies Intervall weniger, gewöhnlich eine Quinte, einmal sogar nur eine Tertie. Das Merkwürdigste war aber, dass bisweilen (von mir bis jetzt in drei Fällen deutlich beobachtet) der Interferenzton, anstatt wie gewöhnlich in der Tiefe, vielmehr in der Höhe lag.

In dem einen Falle, den ich, obwohl die Grundstimmung beider Bänder dis¹ betrug, doch hierher zu rechnen geneigt bin, weil der dem Grundregister zuzurechnende Blaston, vielleicht wegen verschiedener Elasticitätsverhältnisse der Bänder, die auffallende Höhe von gis¹ zeigte, gesellte sich bei Verschmälerung der Bänder dem dabei auffallender Weise unerhöht gebliebenen Grundtone, der hohe Interferenzton cis² bei; in dem andern Falle, der noch deutlicher das Phänomen zeigte (kleinerer, mit zwei dünnen Bändern [d¹—a¹] bespannter Apparat) wurde der durch Decken des schlafferen Bandes auf gis¹ erhöhte Blaston des Grundregisters crescendo von der hohen Interferenzoktave, die sich ihren akustischen Eigenschaften nach der in den andern Fällen beobachteten tiefen analog verhielt, begleitet. Bei stärkerem Anspruch verschwand der Tiefton allmälig, und der hohe trat, nachdem die durch Interferenz entstandenen Tonfragmente sich gesammelt hatten, rein und ungemischt hervor. Der dritte Fall gehört einem einlippigen Apparat an, s. diese Versuche i) 1., wo der tiefe Aufschlagton crescendo von der hohen Interferenzoktave begleitet wurde.

Was nun das Qualitative oder das Timbre dieser Interferenzphänomene anlangt, so lassen sich hier allerdings sehr verschiedene Grade und Varietäten unterscheiden. Bei gut beschaffenen Bändern macht ein solches Interferenzphänomen, so lange man den hohen Ton noch vorwalten lässt, auf das Gehör den Eindruck, als ob den guten, normalen Schwingungen dieses Tones noch andere, aber anders erzeugte, fortwährend oder nur zeitweise beigefügt worden wären. Ich sage: beigefügt, nicht eingestreut oder zeitweise substituirt, denn man hört den hohen Normalton während dieses Vorganges fortwährend und unverkümmert oder ununterbrochen mit, also ist die Interferenz nicht etwa eine Abwechselung der dem hohen Tone ange-

*) Bei vielen später zu betrachtenden Versuchen (mit Ansatzrohr) werden wir jedoch Gelegenheit haben, sie zu beobachten.

hörigen Schwingungen mit den andersartigen Schwingungen des Nebentons, sondern es sind zwei verschiedene, aber gleichzeitig, nebeneinander hörbare phonische Vorgänge. Allerdings ist es möglich, dass der den hohen Ton erzeugende Schwingungsvorgang beseitigt, und der tiefe, schnarrende Ton allein gehört wird, dann aber kann von keiner Interferenz mehr die Rede sein, da jener Ton isolirt und selbstständig auftritt. Eine Beschreibung der interferirenden Schalleffekte ist natürlich unmöglich. Wir können uns nur an vorhandene Ausdrücke anlehnen. Der bezeichnendste Ausdruck für das Timbre der interferirenden Schwingungen ist: Schnarren. Wenn Schnarren mit Tönen kollidirt oder interferirt, so giebt es bekanntlich einen übeln Klang. Zuweilen reisst dieser Schnarrvorgang ab, um bald darauf wiederzukehren: es finden interferirende Stösse oder Tonfragmente statt, neben welchen der Mechanismus des hohen Tonvorgangs ungestört fortbesteht.

Der Mechanismus der Toninterferenz ist bei Doppelbändern*), so weit ich ihn bis jetzt habe auffassen gekonnt, folgender. So lange der hohe Ton allein gehört wird, gehen die Schwingungen nicht unter eine gewisse, die Bandebene noch nicht völlig erreichende konvexe Kurve herab: es sind also sogenannte über- und (bei gleichgestimmten Bändern) zugleich gegenschlagende Schwingungen. Sobald aber das Interferenzphänomen hinzukommt, erweitert sich die bisherige Schwingungssphäre, jene Kurve zeigt, wenn man den Vorgang von der Seite her betrachtet, eine scheinbare Konkavität: die Schwingungen scheinen sich, wenn man das einzelne Band betrachtet, in durchschlagende, d. h. über die Bandebene hinaus, unter dieselbe gehende, verwandelt zu haben So erscheint der Vorgang dem Auge, sowohl von der einen, als auch von der andern Seite aus betrachtet. In der Wirklichkeit ist es aber nur eine Abplattung der Glottiszone des andern Bandes, die diese Erscheinung bewirkt, die übrigen Zonen des Bandes bleiben aufgewölbt, deshalb kommt jene Abplattung dem Auge als Vertiefung vor. Fassen wir nun diesen Vorgang als einen in beiden Bändern gleichzeitig stattfindenden auf, so ergiebt sich sofort, dass die Schwingungen, so weit sie unter die Schwingungskurve hinabreichen, nicht nur als durchschlagende, sondern auch als anschlagende betrachtet werden müssen, dass die mittlere Partie der Glottisränder, die ja von vorn herein schon einander bis zur Berührung, wenn auch gerade nicht zur Andrückung, genähert waren, sobald sie beim Rekurriren wieder in die Glottislinie gerathen, gegen einander schlagen, einer an den andern anschlagen muss. Hierzu kommt, dass bei jeder stärkern Luftgebung die Bänder während ihrer Aufhebung durch den Luftstrom etwas in der Mitte ihrer Breitenfläche nach innen verschoben werden, so dass der Glottisrand, von oben betrachtet, eine nach innen konvexe Kurve darstellt. die bei der Rekursion noch nicht völlig in die gerade Linie übergeht. Beide Glottisränder zusammen konvergiren demnach bei ihrem Vorgange, und auch bei ihrem Rückgange noch etwas, wenigstens so viel, dass der mittlere Theil dieser Kurve auf den entsprechenden des andern Bandes auftreffen muss. Auf diese Weise theilt sich die Schwingungssphäre solcher Apparate, wenn wir einen senkrechten Durchschnitt derselben (Fig. 137 *B.*) betrachten, in zwei Abtheilungen, eine obere, und eine untere. Die obere *a b* zeigt,

---

*) Zur Erklärung des Mechanismus dieses Phänomens an Einzelzungen werden die bereits zu Anfang dieses Kapitels gegebenen Bemerkungen hinreichen.

wenn wir den Vorgang während der Rekursion auffassen, eine von oben nach unten gehende, in Bezug auf die gleichzeitig stattfindende des andern Bandes konvergirende Bewegung, in der untern Abtheilung *b* ist die Konvergenz in der Mitte bis zur gegenseitigen Berührung gediehen. Die ursprünglich intendirte durchschlagende Gesammtschwingung, die bis unter die Bandebene gehen würde, wird also während des Moments, in welchem das Band durch den Punkt *b* sich zu bewegen strebt, durch das entgegengekommene andere Band unterbrochen und in eine momentane Aufschlagschwingung verwandelt, wodurch der Durchschlag an seiner Vollendung gehemmt wird. Ueber den Mechanismus dieses Aufschlags können wir nur Vermuthungen aufstellen, da mir wenigstens bis jetzt die Mittel fehlten, denselben genauer zu beobachten.

In solchen (gar nicht seltenen) Fällen, wo die einzelnen Schläge unregelmässig erscheinen und sich nicht zu einem deutlichen Tone summiren, beobachten wir ein eigenthümliches Schwanken und Zittern des einen Bandrandes, das mit dem verglichen werden kann, was wir bei den Interferenzphänomenen der frei über einen weitern Rahmen aufgespannten Einzelzungen wahrnehmen, wenn sie in gewisser Richtung mit dem Tubulus angeblasen werden. Jedenfalls ist der Mechanismus dieser Schläge beider Bandränder gegen- oder aufeinander, obwohl im Wesentlichen immer derselbe, dennoch in verschiedenen Fällen ein verschiedener. Wo der Interferenzton genau eine Oktave unter dem Hauptton liegt, da kommt jedenfalls auf eine volle Schwingung der Bänder ein Schlag, der, wie schon vorhin angedeutet, zu Ende der Rekursion oder zu Anfang der folgenden Exkursion stattfindet. Wäre das Umgekehrte der Fall, machten die Bänder durchschlagende Schwingungen, und kämen auf diese Weise die Bänder sowohl während ihres Vorgangs als auch Rückgangs einmal mit einander in Kollision, so müsste der Interferenzton dieselbe Schwingungszahl haben, wie der Hauptton, und es wäre hier überhaupt nur ein Ton möglich. Wo dagegen der Interferenzton um ein geringeres Intervall vom obern Tone absteht, da vermuthe ich, dass die aufschlagende Wellenbewegung nicht der ganzen Glottislänge entlang eine und dieselbe war, sondern dass in einer dem Rahmen näherliegenden Partie der Bänder deren Glottisränder nur zu Ende der Rekursion einen Aufschlagsvorgang darbieten, in einer mittlern Partie dagegen, in welcher ja überhaupt das Band während des Schwingungsvorgangs mehr nach innen getrieben wird, sowohl während der Ex- als auch während der Rekursion ein Stoss geführt wurde, welche beide Stosssysteme sich dann zu einem Mitteltone ausglichen. Für diese Hypothese scheint auch die Beobachtung zu sprechen, dass man beim seitlichen Einblick in die schwingende Glottis die Schwingungssphäre in der Mitte der Glottis mehr nach unten reichend wahrnimmt, als in den beiden Seitenpartien derselben.

Bei Apparaten, wo der eine Glottisrand etwas aufgeworfen ist, höher als der andere steht, oder gar etwas über den andern weggeschoben ist, wo also die Glottiszonen in einer gewissen Breite über einander stehen oder liegen, da verhalten sich die Bänder, auch wenn sie von Haus aus gleich gestimmt sind, in gewisser Hinsicht wie ungleich gestimmte Bänder. Denn das untere Band macht hier offenbar kleinere und schnellere, das obere dagegen, das mehr Flucht hat, grössere und langsamere Exkursionen. Es bildet sich eine schräge Glottis: beide Bänder schlagen einander

entgegen, es treffen jedoch bei mässigem Anspruch ihre Schläge nicht auf. Der auf diese Art sich bildende Ton ist verhältnissmässig sehr hoch, und lag in dem früher angeführten Falle (S. 428) mehr als eine Oktave über dem Pizzicato-Ton. Bei wachsendem Anspruch findet, wofern die beiden Glottisränder über einander geschoben sind, das von den gewöhnlichen Fällen, wo jene nur neben einander liegen, Abweichende statt, dass der Ton sich erhöht, nicht vertieft, weil durch Vergrösserung der Exkursionsweite der Schwingungen des tiefer liegenden Bandes die Glottis sich verengt, nicht erweitert. Bei noch stärkerer Luftgebung kommt es zur gegenseitigen Berührung, zum Aufschlag, also zur Interferenz. Dieses Phänomen kann hier auf verschiedene Art und Weise entstehen: 1) durch Aufschlag des Glottisrandes des untern Bandes gegen den des obern, dessen untere Fläche also getroffen wird: das obere Band setzt dabei seine intendirten Schwingungen fort, das untere dagegen wird durch den Widerstand, den es am Rand des oberen erfährt, abgehalten, vollständige durch- oder überschlagende Schwingungen zu machen, muss sich also auf diese aufschlagenden Schwingungen beschränken; 2) durch gegenseitigen Aufschlag der beiden Bänderzonen, so weit sie ohne Glottisbildung aufeinander liegend durch die gleichsam tropfenweise sich andrängende Luft momentan von einander entfernt und sofort wieder zur Berührung gebracht werden: an sich entsteht durch diesen Vorgang nur der tiefe Schnarrton. 3) Durch Voreinandervorbeistreifen der beiden Glottisränder, sobald dieselben bei hinlänglich weit getriebener Aufblähung der Bänder desselben in der mittlern Glottispartie einander gegenüber gekommen sind, und das untere dem vordern bei gehörig starkem Anspruch aufgenöthigt wird. Ist dieses untere Band schlaffer, als das obere, so wird das Phänomen natürlich noch erleichtert, wenn gleich es hier oft lange dauert, bis die Bandränder in die dazu gehörige Stellung gekommen sind.

Was die Bänder von ungleicher Stimmung anlangt, so darf es uns nach dem Versuch No. 7. S. 418 (s. auch S. 430 u. 441) nicht befremden, dass hier der Interferenzton in der Regel auch eine Oktave unter dem Grundton liegt, ebensowenig, dass er sich dem Grundtone, was wir bei gleichgestimmten Bändern nicht beobachteten, beigesellt. Auch ist ja der Grundton der ungleich gestimmten Bänder immer ein in Beziehung zum einen Band erhöhter Ton; ausserdem haben wir früher gesehen, dass beide Bänder gleichviel Schwingungen in einer gegebenen Zeit machen, ebenso wie von Haus aus gleichgestimmte Bänder. Dass hier mehr Modifikationen hinsichtlich des Intervalles und des Auftretens überhaupt vorkommen, erklärt sich leicht daraus, dass wir es hier mit zwei Bändern von ungleicher Spannung zu thun haben, von welchen das eine immer weitere Exkursionen macht, als das andere, und deren eine Rand immer etwas vor oder hinter den andern sich zu stellen geneigt ist. Je nach dem das eine oder das andere Band als stossendes Element auftritt, muss auch das Resultat ein verschiedenes sein.

Wo ein hoher Ton als Interferenz zu einem tiefen tritt, da brauchen wir bloss anzunehmen, dass die gegenseitigen Bänderverhältnisse der Art waren, dass gerade der durch aufschlagende Schwingungen gebildete Ton als erster oder wesentlicher Ton angesehen werden musste, welchem sich dann der hohe, sonst gewöhnlich die Rolle des primären spielende, als Interferenz beigesellte. Auch hier finden die Aufschläge in der mittlern Breitenzone der Stimmbänder an einer oder einigen einander am meisten zuge-

kehrten Stellen statt, während die gegen- oder überschlagenden Schwingungen von den beiden Glottiszonen *in toto* bewirkt werden. Aehnliche Beobachtungen, selbst solche, wo drei Töne gleichzeitig gehört wurden, haben wir auch an Apparaten mit Einzelbändern gemacht, z. B. in Versuch h). Hier erschien der hohe Nebenton als Begleiter eines tiefen Einschlagtons, wenn das Band etwas an der Rahmenwand anstreifte, und so zur Erzeugung des eine Oktave höher liegenden Ueberschlagtons Anlass gab.

Demnach schwingen bei jeder Toninterferenz elastischer Zungen die Glottisränder gleichzeitig nach zwei Systemen oder Mechanismen, nach dem der durch- oder gegenschlagenden Schwingungen einerseits, und dem der auf- oder anschlagenden Schwingungen andererseits. Letztere finden wohl immer in der mittlern Breitenzone der Bänder an einer oder einigen Punkten statt, wenn hier die beiden Glottisränder beim Schwingen zur wirklichen Berührung, zum Anstoss kommen. Es sind also lokale oder punktuelle in die sonst die ganze Länge der Glottiszone einnehmenden Gegenschlagschwingungen eingestreute aufschlagende Schwingungen, die sich in der Regel erst einstellen, wenn in Folge stärkeres Luftanspruchs die Bänderflächen bei ihrer Aufblähung etwas in ihrer Fläche einwärts, gegen den innern Rand des andern Bandes, verschoben werden, bisweilen aber auch den Anfang machen, so dass die gegenschlagenden, den hohen Ton bestimmenden Schwingungen als sekundäre oder interferirende auftreten.

d. Pfeiftöne auf elastischen Stimmritzen.

Mehrmals kamen bei unsern bisherigen, an elastischen Doppelzungen angestellten Versuchen gelegentlich wenigstens Anklänge oder Andeutungen an Pfeiftöne vor: es ist mir aber auch gelungen, absichtlich wirkliche, volle Pfeiftöne, wobei sich die elastische Stimmritze sehr erweiterte und während der Tonbildung weit blieb, ohne die geringsten Bänderschwingungen zu zeigen, zu erhalten. Das Verfahren dabei war einfach.

Auf einen Rahmen, auf den ich eine mit einer eingeschnittenen linienförmigen Stimmritze versehene elastische Membran geklebt hatte, setzte ich ein Hornmundstück auf, das mit seiner weitern Mündung die Stimmspalte vollkommen umfasste und als Windrohr diente, und verband diesen Apparat mit einem ähnlichen oder gleichweit bleibenden Ansatzrohr. So erschien bei starkem Blasen ein Pfeifton ($b^2 - c^3$), der als solcher deutlich erkannt wurde, wenn ich das Ansatzrohr aus Glas oder überhaupt kurz und weit genug nahm, um das Phänomen im Spiegel betrachten zu können.

Oder ich stekte bloss den Rahmen mit der Stimmritze an ein Ansatzrohr, und intonirte es mit dem blossen Munde mit Vermeidung der Lippenzungentöne, also bei geöffneten Lippen. Der Ton gelang dann noch leichter. Die Mundhöhle fungirte dabei als Windkessel.

Ein bald konisch sich verengendes Ansatzrohr vertiefte in dem einen Falle den Ton um eine Stufe, in einem andern, wo der Trichter etwas enger war, gar nicht. Stets wurde aber der Ton durch ein solches sich verengendes Ansatzrohr dumpfer.

Ohne Ansatzrohr kommt niemals ein Pfeifton auf elastischen Stimmritzen zu Stande. Es folgen demnach diese Töne denselben Gesetzen, wie wir sie früher für die Pfeiftöne, besonders für die gefassten Lochtöne, gefunden und aufgestellt haben.

Die Schwingungszahl der so erhaltenen Pfeiftöne lag bei meinen Versuchen immer einige (etwa fünf) Stufen höher, als die des auf demselben Apparate erhaltenen Zungentones.

e. Von den die Tonstufe überhaupt modificirenden Einflüssen.

1. Spannungsgrade.*)

Sie hängen während des Tönens nicht nur von den anfänglichen Zugkräften ab, sondern auch von dem die Bänder hebenden Luftdruck. Erstere Spannung hat einen viel entschiedeneren Einfluss auf die Höhe des Tones, als letztere. Aber die einer gewissen Spannung entsprechenden Gewichte haben bei absolut gleicher Grösse einen verschiedenen Werth je nach der Natur der Membranen. Vulkanisirter Kautschuk gab durch Gewichtszunahme die Tonreihe b—as⁴ bei gleichem Luftdruck, während Zunahme des letztern bei gleicher Gewichtsspannung den Ton nur um eine Quarte erhöhte. An Kautschukstreifen verhalten sich die Schwingungsmengen umgekehrt wie die Längen, und direkt wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte, obwohl in der Wirklichkeit man überall mehr Gewicht aufwenden muss, um den geforderten Ton zu erhalten, da die Spannung das ganze Band betrifft, aber die Schwingungen nicht, und da der Elasticitätsmodulus mit der Dehnung zunimmt. Dabei verhalten sich auch die Transversalschwingungen wie die Quadratwurzeln der Steifigkeit, mag diese natürlich, oder künstlich durch Spannung erzeugt sein. Werden nun die Steifigkeits- oder Dehnbarkeitsgrade den Gewichten entsprechend geändert, so können die Gewichte auch nicht für die Steifigkeitsgrade gesetzt werden: jenes Gesetz gilt also um so weniger, je weniger die Dehnungsgrade proportional der Belastung sich ändern. Die Grösse der Spannung durch die Windstärke lässt sich füglich unter ein einfaches Gesetz bringen. Im Allgemeinen muss die Windstärke mit den Graden der Spannung zunehmen, um Töne zu erzeugen, deren die Zungen bei ihrer Spannung bei relativ geringster Windstärke fähig sind; und die Töne, die durch eine gewisse Windstärke bei verschiedener Zungenspannung erzeugbar sind, verlangen innerhalb gewisser Grenzen um so weniger Wind, je grösser die anfängliche Spannung (durch Gewichte) war. Auch die Längen der Ansatzröhren, wo die mit grösster Tonvertiefung verbundene Länge die geringste Windstärke zum Anspruch erheischt, sind von Einfluss (siehe No. 3 dieses Kapitels). Man darf aber nicht die ganze Kraft, welche den Wind giebt, in eine zerlegen, die das Band nur dehnt, und eine, welche die Luftströmung bedingt, denn die Luft ist im Kehlkopfe (in der Regel wenigstens) nicht das Tönende, wie bei den Mundtönen, sondern der Vorgang besteht in einem raschen Wechsel der Luftdichtigkeit unter den Stimmbändern; nicht diesen tongebenden Wechsel zeigt das Manometer an, sondern nur den Mittelwerth der Hindernisse und des Seitendrucks, der auf den vibrirenden Stimmbändern lastet, welcher ebenso tief unter den abgelesenen Werth sinken, als über ihn steigen kann: beim Tönen kommt aber alles darauf an, wie oft dies innerhalb einer gewissen Zeit geschieht.

2. Der Raum zunächst unter und über den Zungen.**)

Ist ersterer Raum verengt, z. B. durch einen durchbohrten Stöpsel, so wird der Ton bei einlippigen Zungen nach Müller erhöht, nach Harless

*) Harless a. a. O. S. 661 ff.
**) Harless a. a. O. S. 664 ff.

nicht, mochte der Stöpsel näher oder ferner gerückt werden. Wohl aber wird der Ton bei zweilippigen Zungen dadurch erhöht, und zwar bei Verengung des Zugangs zu den Stimmbändern von 10 Millimeter bis auf 0,4 von a^1 bis e^2. Die in ersten Fällen beobachtete Vertiefung kommt davon her, dass die Ansprache des Grundtons durch Regulirung der Windrichtung erleichtert war; sie betrug aber nur $^1/_2$ Stufe. Ein in den Raum zunächst über den Bändern eingesetzter durchbohrter Stöpsel (Obturator) vertieft im Allgemeinen, wie ein Ansatzrohr, nur darf er den Zungen nicht zu sehr genähert werden. Ein frei über die schwingende Zunge gehaltener fester Körper ändert die Richtung und erhöht die Dichte der Luft, bei zweilippigen Zungen zuweilen ganz anders, als bei einlippigen. Ist die Glottis so weit, dass die Zungen nicht tönen können, so thun sie es, wenn man eine feste Platte parallel über die eine oder andere hält, selbst in einer Entfernung von 1″ und darüber. Bei verschiedener Spannung tönt dabei bald die eine, bald die andere Zunge, doch immer tönt die weniger gespannte Zunge höher, als wenn sie allein mit festem Gegenlager und engster Stimmritze verbunden ist. Bei einlippigen Apparaten mit überbreiter Stimmritze bewirkt die darübergehaltene Platte ein erhöhtes Tönen; eine schon tönende Einzelzunge verstummte bei gleichem Verfahren und sonst ungünstigen Umständen. So gaben die beiden Zungen ges—f durch den Einfluss der Zinnplatte (s. S. 392) über f den Ton fis, über ges den Ton a, wobei beide Zungen schwangen. Also Erhöhung bei Einfluss auf die tiefer wie auf die höher gestimmte Zunge. Ferner bei f—cis wurde fis—d erzeugt, nach Harless durch Abprallen der durch die Schwingung selbst bewegten Luft von der Unterfläche der Platte, wodurch die Zunge bei ihrer Schwingung früher zur Umkehr gezwungen wird, ohne dass man hier von Ablenkung des tonerregenden Winds denken konnte, welche eher die Schwingungen völlig hemmen kann. Wenn ein ganz kurzes Ansatzrohr wieder mit ein bis zwei Zungen gedeckt ist (analog dem Kehlkopf), so hängt es von der Weite der Spalte ab, ob die obere Zunge allein oder beide zugleich tönen sollen. Ist die obere Ritze grösser, als die untere, so tönt das untere Band allein; ist die obere kleiner, so tönt diese allein; sind beide gleich gross, so können beide tönen, oder die untere (weil zunächst getroffene) allein, wobei aber die obere wenigstens mitschwingt.

3. Einfluss der Vor- und Ansatzrohre auf die Tonstufe.

Hierüber haben bis jetzt nur J. Müller, Rinne und Harless genauere Versuche angestellt. Die Resultate der Müller'schen Versuche ergeben eine gewisse Analogie mit den von Weber an starren metallischen Zungen gefundenen Gesetzen. Nach Weber wird der Ton einer metallischen Zunge durch ein allmälig so weit verlängertes Ansatzrohr, bis dasselbe, als Labialpfeife angesprochen, den Eigenton der Zunge giebt, in geometrischer Progression bis auf eine Oktave vertieft. Bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs springt der Ton auf die frühere Höhe zurück, um bei noch weiterer Verlängerung auf dieselbe Weise um eine Quarte oder halbe Oktave vertieft zu werden: dann folgt ein neuer Rücksprung, und bei abermals neuer Verlängerung eine Vertiefung bloss um eine kleine Tertie oder um $^1/_4$ Oktave. Bei elastischen Einzelzungen, an deren Mundstück Müller Ansatzrohre von verschiedener Länge und von einer Weite anbrachte, die, wie es scheint (M. hat darüber nichts Näheres angegeben) der Bandlänge gleich war, beobachtete dieser Physiolog gleichfalls eine Vertiefung, welche um so weiter ging, je gespannter und höher klingend das elastische Band war. Ich setze nämlich voraus, dass in allen aufgeführten Versuchen das jeweilige Band gleiche Länge hatte, was M. unbegreiflicher Weise anzugeben unterlassen hat. Bei dem am stärksten

gespannten Bande erzeugte fast jeder Zoll Länge des Ansatzrohrs eine Vertiefung um eine Stufe, bis dieselbe bei 14" Länge des Ansatzrohrs eine Decime erreicht hatte, worauf der Sprung, doch nur eine Septime aufwärts, erfolgte u. s. w.; bei dem am wenigsten gespannten Bande waren 17' Ansatzrohrlänge erforderlich, um eine Vertiefung von nur einer Quarte zu bewirken. Die folgenden Vertiefungen gingen meistens eben so weit, als die erste. In einem Falle (Versuch V) wurde der Grundton dreimal hintereinander durch je 12' Länge des Ansatzrohrs regelmässig um eine Quinte vertieft. Man sieht also aus diesen Angaben, dass die Müller'schen Versuche doch schon etwas Gesetzmässiges ergeben, mehr als selbst Müller zugestehen will. Ausserdem fand Müller, dass auch Verengung der Mündung des Ansatzrohrs den Ton verhältnissmässig vertieft, aber nur, so lange dasselbe durch seine Verlängerung tonvertiefend wirkt. Endlich hat derselbe auch den Einfluss untersucht, welchen Ansatzrohre auf die durch den Tubulus erhaltenen Töne einlippiger Mundstücke ausübten. Er operirte mit Röhren bis zu 45" Länge, konnte aber nie mehr als eine Sekunde Vertiefung erzielen. Rinne *) setzte diese Untersuchung fort, und nahm besonders auf das Material des Gegenlagers und die Weite der Glottis Rücksicht. Ist die Membran frei aufgespannt, ohne Gegenlager, ist also gar keine Glottis, sondern eine weite Apertur vorhanden, so thut ein Ansatzrohr natürlich gar nichts. Nur wenn eine tonfähige Glottis vorhanden ist, da hat das Ansatzrohr einen umsomehr (bis zu einer kleinen Tertie) vertiefenden Einfluss, je enger die Glottis. Je elastischer das Gegenlager, um so weniger vertieft das Ansatzrohr. Von Sprüngen des Tones u. s. w. war hier nichts zu beobachten. Nur wenn Rinne mit einem einzungigen Apparate operirte, sprang der Ton bei schon mässig langem Ansatzrohre, nachdem eine geringe Vertiefung vorausgegangen, mehrere Stufen über den Primärton in die Höhe, worauf er bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs auf den Primärton zurückfiel, worauf ein zweiter, aber nicht so hoher, Sprung erfolgte. Auf dem Punkte des ersten Sprungs wurde bei schwachem Blasen ein tieferer, crescendo der hohe Ton erhalten Bei Zungenpfeifen mit einerseits stärkerem Luftdruck erforderten die fallenden Töne weniger, die Sprungtöne den meisten Luftdruck. Harless operirte mit seinem schon früher beschriebenen, meines Erachtens unzweckmässigen Apparate (mit der stellbaren Zinnplatte); er vermochte aber weder durch Verlängerung des Ansatzrohrs, noch durch Modifikation der Neigung der Zinnplatte eine grössere Vertiefung, als um $^1/_2$ Stufe zu erzielen. Wohl aber beobachtete er das alternirende Rücksteigen des Tones in ähnlicher Weise, wie Müller, nur dass dieser weit grössere Intervalle erzielte.

Was den Einfluss des Windrohrs auf den Ton elastischer Zungen anlangt, so fand J. Müller, dass eine mit festem Gegenlager versehene Zunge von $^1/_2$ Zoll Länge, die den Ton h^1 gab, und durch 20 Ansatzrohr um eine Quinte vertieft wurde, worauf der Sprung erfolgte, durch ein Windrohr von 19—20' eine Vertiefung von einer Quarte erlitt. Der zweite Sprung erfolgte bei 35". Eine andere Zunge mit dem Grundton e^2 gab bei 10—12" Windrohr den Ton a^1, sprang dann zurück, um durch neue 12" Windrohr wieder bis h^1 vertieft zu werden. Desgleichen beobachtete er eine Vertiefung (deren Betrag er nicht angiebt) in Folge der Verengung der Anspruchsöffnung. Nach Rinne hat das Windrohr wegen seiner dichtern Luftsäule mehr Einfluss auf die Tonhöhe. Es vertieft bei einer gewissen Länge um einen ganzen Ton; bei Ueberschreitung dieser Länge erfolgt Rücksprung u. s. w. Von einigem Einfluss ist dabei (bei Doppelzungen) der Grad der Spannung der einen Zunge zu dem der andern, auch die Breite des schwingenden Zungenrands, indem die Grösse der Schwankungen der Tonhöhe bei längern Ansatz- und Windrohren in dem Verhältniss steigt, als die Breite des nicht gedeckten schwingenden Zungenrands abnimmt. Bei Kombination von Wind- und Ansatzrohr sind nach Müller folgende Fälle möglich: beide Rohre sind so lang, dass jedes allein mit der Zunge verbunden denselben Ton giebt, wie das andere damit verbundene; die Rohre sind so lang, dass jedes für sich mit der Zunge einen andern Ton giebt, wobei eine einseitige oder gegenseitige Akkommodation der Luftsäulenschwingungen als möglich gedacht wird. Dagegen macht Rinne verschiedene, besonders auf die Ergebnisse der Weber'schen Untersuchungen sich stützende Einwendungen. Die Schwingung der Zunge in einer Röhre wird nach W. Weber bald mehr mit der Schwingung der der Knotenfläche nahe liegenden gedeckten, oder der rascher bewegten Luftschicht der offenen Labialpfeifen übereinstimmen: das eine (tieferer Ton) oder das andere (höherer Ton), so

*) Müller's Archiv 1850. 1. Schmidt's Jahrbb. der gesammten Medic. 67, S. 20.

wie der Grad davon, hängt von der Stärke des Drucks ab, den Luft und Zunge gegeneinander ausüben: bei abnehmendem Drucke rückt die mit der Zunge gleich schwingende Luftschicht dem Schwingungsmaximum der Luftsäule näher, und der Ton wird relativ höher; bei grösserem Druck rückt diese Luftschicht einer Knotenfläche näher, und der Ton wird tiefer, wie bei einer gedeckten Labialpfeife. Auch sehr dünne Metallzungen, wie die der Kinderschalmei, geben bei stärkerem Anblasen höhere Töne, ebenso wie die membranösen Zungen im Allgemeinen. Rinne macht hier auf den Einfluss der Dichte des die schwingende Zunge umgebenden Mediums aufmerksam. Eine offene Pfeife, an der obern Oeffnung mit einer Platte verschlossen, die einen Spalt hat, giebt durch Luftverdichtung einen tiefern Ton. Wird in diesem Spalt eine Zunge angebracht, so wird der Ton um so tiefer ausfallen, als die Luftverdichtung zunimmt. Bei den elastischen Zungen retardirt die Schwingungen (vertieft den Ton) Alles, was die Luft, in der sie schwingt, verdichtet, oder was die Zunge selbst schwerer und unbeweglicher macht. Der blosse Rand schwingt, wenn der übrige Theil zu straff gespannt ist, ohne dass dabei der Einfluss der Verdichtung der nächst der Zunge liegenden Luft mit Tonvertiefung stattfindet. Bei zwei Zungen bewirkt stärkere Spannung der einen Zunge einen ähnlichen Einfluss, der hier kompensirend wirkt. Diese Schicht verdichteter Luft wird verhältnissmässig um so niedriger, je höher der Grundton der Zunge ist; denn sie hält sich immer innerhalb der Grenzen eines gewissen Bruchtheils einer beiderseits offenen Röhre von einem mit der Zunge gleichen Grundton. Bei der ganz andern Lagerungsweise der Knotenflächen im Windrohre eines derartigen Apparats influirt das letztere immer in gleicher Weise, die Spannung der Zungen mag sein, welche sie will.*)

Meine über den Einfluss der Rohransätze angestellten Versuche sind etwas mehr modificirt, und vermögen vielleicht über einige bisher noch ungelöste Principfragen Aufschluss zu geben.

1) Pizzicato. Hierzu konnten fast nur grössere Mundstücke verwendet werden, an welchen die Bänder deutliche Töne pizzicato gaben. Ich nahm daher meine bekannten Apparate, das Petschaft und das Stethoskopstück dazu, die allerdings schon Ansatzrohre von resp. 3'' 3''' und 4'' 9''' Länge darstellen. Der eine Apparat war mit einem, der andere mit zwei glottismässig vorgerichteten Bändern bespannt. Aber ich mochte kurze oder lange Rohrstücke ansetzen, wie ich wollte, eine Vertiefung oder überhaupt Aenderung der Tonstufe wollte nimmermehr gelingen.

Später gelang es mir auch an dem kleinern Mundstück, wo (bei einer 6''' langen Apertur) die Bänder an der Glottis 9''' lang waren, wenigstens das eine Band, nachdem der äussere Rand mit einer Nadel festgesteckt war, pizzicato auf seinen Ton zu prüfen. Er war a[1] oder as[1], ziemlich dem durch Tubulus erhaltenen Ton entsprechend. Aber auch dieser Ton wollte bei Ansetzen kürzerer oder längerer Röhren sich nicht ändern.

Der Grund davon scheint mir darin zu liegen, dass die Schwingungen dieses Tones mehr nach aussen, als durch das Rohr zum Ohre fortgepflanzt werden, und daher durch die Luftsäule des Rohres keinen vertiefenden Einfluss erleiden.

2) Röhrentöne. Hier zeigte sich hinsichtlich der Grösse der Mundstücke, und jenachdem mit Einzel- oder mit Doppelzungen experimentirt wurde, eine erhebliche Verschiedenheit. Die beiden grossen, bereits mit einigem Ansatzrohr versehenen Apparate ergaben gar keine Tonveränderung, mochten weitere Ansätze von verschiedener Länge angefügt worden sein oder nicht. Anders verhielt es sich mit dem kleinern Mundstück, dessen Rahmen in der Richtung der Glottis 9''' lang war, bei einer Apertur von 6''' Länge, über welche zwei Bänder gespannt waren, breit genug, um

*) Rinne a. a. O. §. 10—12.

die ganze Apertur zu bedecken. Die äussere Kante der Bänder wurde auf den Rahmen mit Heftpflaster festgeklebt. Wurde mittels des Tubulus die innere Kante angeblasen, so gab das eine Band des isolirten Mundstücks bei deutlichen Transversalschwingungen den Ton d¹, das andere den Ton a¹ (Differenz eine Quinte). Wurde ein Ansatzrohr von 5½" Länge und von etwas geringerer Weite, als die des Mundstücks betrug, an letzteres gesetzt, so erniedrigte sich jenes d¹ auf h, und jenes a¹ auf e¹. Der tiefere Ton wurde also um eine Tertie, der höhere um eine Quarte vertieft. Dabei war zu beobachten, dass bei Gegenwart des Ansatzrohrs der Anspruch der einzelnen Bänder weit leichter und promter, schon bei ziemlicher Distanz des Tubulus, erfolgte, als am isolirten Mundstücke.

Bei einem früher mit demselben Mundstück angestellten Versuche, wo das eine Band, mittels des Tubulus angeblasen, angeblich den Ton h¹, das andere den Ton cis² hören liess, wurden nach Ansetzung des gedachten Rohrs bisweilen Töne ohne sonderliche Schwingungen der Bänder beobachtet, die als Pfeiftöne zu betrachten waren, und sogar in Oktaven auseinanderlagen, nämlich f¹ und f². In der That fand ich, als ich dasselbe Rohr als Pfeife mit dem Munde anbliess, dass es dieselben Töne gab. Man prüfe daher in ähnlichen Fällen, wo man über die Natur eines solchen Tones in Zweifel ist, sowohl die Bänder als auch das Ansatzrohr auf ihren Eigenton. Wenn man den Tubulus vom ansprechenden Bandrande etwas weit entfernt auf das andere Band aufsetzt, ohne dasselbe sonderlich niederzudrücken, so wird man oft, bevor das gegenüberstehende Band in selbsständige Transversalschwingungen geräth, einen schwachen, hohen Ton vernehmen, der als Pfeifton zu betrachten ist.

Ich löste nun die aufgeklebten Aussenkanten der Bänder ab, und fixirte sie mit je einer Nadel auf den Rahmen. Die Spannung der Bänder hatte sich bei dieser Operation sehr verändert. Ohne Ansatzrohr gaben sie bei Tubularanspruch die Töne b und a¹. Mit dem obigen Ansatzrohr die Töne a und f¹. Demnach wäre der eine Ton nur ½, der andere um zwei Stufen erniedrigt worden. Folgender Versuch überzeugte mich aber, dass jenes b ein abnormer Ton gewesen. Denn als ich statt des bisherigen Ansatzrohrs ein kürzeres, von 1½" Länge nahm, so erschienen die Töne c¹ und gis¹, wobei ich deutlich beobachtete, dass dieses c¹ durch einen andern Schwingungsmechanismus, der viel leichter und besser zu Stande kam, erzeugt worden war, als jenes b, bei welchem die normalen Schwingungen, welche eigentlich den Ton cis¹ oder d¹ hätten geben sollen, nicht gelingen wollten. Ich führe diesen Versuch nur deshalb an, um einestheils zu zeigen, dass man in solchen Fällen nicht sofort glauben darf, es könne ein Ansatzrohr auch „unter Umständen" den Ton erhöhen, anderntheils, wie durch ein Ansatzrohr verhältnissmässig schlaffe Bänder, resp. das schlaffere Band, weit leichter in gute Transversalschwingungen durch den Tubulus versetzt werden kann, als ohne dasselbe.

Ich ersetzte hierauf die bisherigen Bänder, deren Elasticität überhaupt durch das lange Verweilen an dem Mundstück gelitten haben mochte, durch neue. Die folgenden Versuche stellte ich theils mit an der Aussenkante durch eine oder zwei Nadeln fixirten, theils unfixirt aufliegenden Bändern an.

a. Fixirte Bänder. Röhrenton, ohne Ansatzrohr: c¹ und a¹. Mit dem längern (5½") Ansatzrohr d¹ und fis¹: Vertiefung um 1 und 1½ Stufe. In einem andern Falle wo die Aussenkanten mit den Fingerspitzen niedergehalten wurden,

waren die Töne des isolirten Mundstücks d[1] und a[1], mit dem vorigen Ansatzrohr h und es[1]. In einem dritten Falle (dieselben Bänder etwas erschlafft, die Aussenkanten mit je einer Nadel fixirt), stellte sich ein neues Phänomen ein. Die Bänder des isolirten Mundstücks gaben d[1] und g[1]. Durch das $5^1/_2$'' lange Ansatzrohr vertieften sich dieselben auf b und es[1] Letzterer Ton erschien jedoch nur, wenn der Tubulus dem anzusprechenden Bandrande sehr nahe gehalten wurde, die Schwingungen waren die gewöhnlichen, d. h. die Glottis war dabei sichtbar, der andere Bandrand blieb völlig unbewegt. Sobald aber der Tubulus etwas entfernter, etwa 2''' weit, vom zu intonirenden Bande aufgesetzt wurde, erschien der vorige Ton g[1] wieder: die dabei stattfindenden Schwingungen waren transversale, wie die vorigen, zeigten aber grössere Exkursionen; und von der primären Niederdrückung des Bandrandes, die derselbe bei Erzeugung des tiefern Tones aufwies, war im Hohlspiegel nichts zu erkennen: beim Tone g[1] konnte man durch die Schwingungssphäre (wenigstens im Hohlspiegel betrachtet) nicht durchblicken, beim Tone es[1] konnte man es. Auch sprach der höhere Ton leichter an, als der tiefe. — Ich drehte nun den Apparat herum (um seine Axe), um zu sehen, ob ich nicht auch auf dem andern, tiefer gestimmten Bande zweierlei Tonschwingungen erzeugen könnte. Aber es wollte durchaus nicht gelingen, ich mochte den Tubulus stellen und halten, wie ich wollte: stets kam nur der eine Ton b.

Folgende Ansicht über die Ursache der Stufenverschiedenheit jener beiden Töne es[1] und g[1] halte ich für die wahrscheinliche. Beim es[1] musste der Tubulus unter einem (zur Bandfläche) mehrgradigem Winkel und dem Bandrande so nahe gehalten werden, dass der Luftstrom zum grossen Theile in den Raum des Rohrs hinein fiel. Dadurch wurde ein primärer Niederdruck des Bandrandes bewirkt, die Exkursionen hatten ihre Richtung nach unten, die Höhlenresonanz konnte auf diese Weise ihren vertiefenden Einfluss geltend machen. Beim g[1] musste der Tubulus unter einem zur Bandebene mindergradigen Winkel und in grösserer Entfernung vom anzusprechenden Bandrande gehalten werden, der Luftstrom konnte daher auf die Luftsäule des Ansatzrohrs fast gar nicht einwirken. Er bewirkte eine, wenn auch geringe, Niederdrückung des andern Bandes, welches tonlos blieb; der Luftstrom gelangte auf diese Art mit seinen wirksamsten Strahlen auf die untere Fläche des anzusprechenden Bandes, die Exkursionen erhielten ihre primäre Bewegung nach oben oder aussen, die Luftsäule des Ansatzrohrs blieb daher ohne modificirenden Einfluss auf dieselben, der Ton blieb demnach derselbe, den das isolirte Mundstück gab.

Nachdem ich den beiden Bändern gleiche Stimmung in d[1] gegeben hatte, betrug der vertiefende Einfluss des $5^1/_2$'' langen Ansatzrohrs eine Tertie beiderseits: das besprochene Phänomen liess sich jetzt nicht mehr hervorbringen. Folglich findet es nur bei ungleicher Stimmung der beiden Bänder, und zwar am höher gestimmten Statt. Auf das Intervall der Töne beider Bänder scheint hier auch etwas anzukommen, denn der höhere Ton wollte nicht mehr gelingen, wenn das Intervall nur 1 Sekunde betrug.

Ein Ansatzrohr von 2'' 9''' Länge bewirkte (bei Grundton e[1] und f[1]) eine Vertiefung von $^1/_2$ Stufe, eins von 4'' Länge vertiefte um eine Stufe, $5^1/_2$'' = $1^1/_2$, 9'' = $2^1/_2$, 12'' = 4 Stufen (a). Bei 15'' Ansatzrohr stellte sich eine neue Erscheinung ein: die Bänder wollten nicht mehr in die bisherigen Transversalschwingungen gerathen, sondern machten nur sehr kleine, unvollkommene Schwingungen, die den rauhen, wenig klingenden Ton es[1] gaben; der Ton war also ziemlich bis zur Höhe des Grundtons gesprungen. Dagegen erfolgte bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs bis auf etwa 20'' der Schwingungsmechanismus gut und deutlich, und der Ton fiel wieder. Um jener Erscheinung auf die Spur zu kommen, untersuchte

ich das Ansatzrohr von 15″ auf seinen Cylinderton, und in der That war dieser (der Grundton ungedackt) *es*.

b. Um den Einfluss des Fixirens des Aussenrands der Bänder genauer zu würdigen, stellte ich einige vergleichende Versuche an. Das Mundstück blieb dasselbe, wie in den vorigen Versuchen. Im Allgemeinen wurde durch das Loslassen des fixirten Randes der Ton um ½ bis 1 ganze Stufe erhöht, jedoch betrug die Differenz bei Vorhandensein von Ansatzrohren weit mehr, wie aus folgendem Versuche zu ersehen ist.

Die beiden Bänder waren gleichgestimmt in d¹; durch Fixirung der Aussenkante fiel der Ton auf cis¹.

	Röhrenton:		
Ansatzrohrlänge.	Bänder frei.	Bänder fixirt.	Bemerkungen.
3″	c¹	h	
5½″	h	a	Der Ton fällt.
9″	b	as	„ „ „
12″	a	e	„ „ „
16″	as	cis	„ „ „
18″	fis	B	„ „ „
19″	nicht mehr deutlich	A	Vertiefung um 1 Decime.
24″	c¹ Sprung.	h	Sprung.

Bei weiterer Verlängerung erfolgte wieder einiges Fallen des Tones, doch liess sich der Versuch nicht mehr weit treiben, da die Tonbildung bald aufhörte.

Wir sehen aus diesem Versuche, dass der Ton eines an der Aussenkante fixirten Bandes, durch den Tubulus in Tonschwingungen versetzt, bei wachsendem Ansatzrohr weit mehr vertieft wird (hier um eine Decime), als wenn das Band frei auf dem Rahmen aufliegt, wo in vorliegendem Falle die Vertiefung nur eine kleine Sexte, also nur die Hälfte der vorigen, betrug.

Was den Einfluss des Ansatzrohrs auf den Röhrenton einlippiger Apparate anlangt, so fand auf Grund meiner Versuche zunächst ein auffallender Unterschied statt, je nachdem die Glottis von einer senkrecht stehenden Ecke als Gegenlager begrenzt wird, oder von einer in gleicher Ebene mit dem Bande liegenden Platte. Im erstern Falle, wo der Apparat so vorgerichtet ist, wie in den einlippigen Versuchen Lit. c), hat das Anstecken von Ansatzrohren gar keinen vertiefenden Einfluss. Wo dagegen der Apparat sich so verhält, wie im Versuch g), da vertieft das Ansatzrohr den Röhrenton allerdings, wie z. B. folgender Versuch lehrt.

Das Band war in einer Länge von etwa 14‴ schwingungsfähig, war 2‴ breit, dessen eine Kante mit einer Holzplatte etwa ⅓—⅖‴ weit gedeckt, gegen die andere Kante eine dünne Pappplatte geschoben. Beide Platten durch Heftpflaster auf den Rahmen befestigt. Die Stimmritze linienförmig. Röhrenton = g¹.

Ansatzrohrlänge.	Töne.	Bemerkungen.
2″ 3‴	fis¹	Der Ton fällt.
6″ 5‴	f¹	„ „ „
8″ —	e¹	Schwingungen schon etwas schwieriger zu erzeugen*).
12″ —	g¹	Sprung. Die Vertiefung ist etwa auf eine grosse Tertie zu schätzen.
18″ —	fis¹	Fall.

Je länger das Rohr, desto schwerer wurde der Anspruch. Oft kam beim Intonationsversuch erst ein tieferer, rauher Ton mit irregulären oder fragmentären Schwingungen, wie wir bereits früher Aehnliches beobachtet haben.

Ferner experimentirte ich mit dem bereits mehrfach benutzten kurzen

*) Das Ansatzrohr gab auch in diesem Fall (ungedeckt) den Cylinderton e¹.

Mundstück von 9''' Bandlänge. Auch hier nahm ich ein breites Band, das die Rahmenapertur gerade zur Hälfte deckte, und mit einer Nadel auf den Rahmen befestigt wurde. Die andere Hälfte bedeckte ich mit einer dünnen Pappplatte, die als Gegenlager vorgeschoben und mit Heftpflaster auf den Rahmen fixirt wurde. Ein hölzernes (dickeres) Gegenlager gestattete nämlich keinen Röhrenanspruch. Das Ansatzrohr wirkte hier weit mehr, als im vorigen Falle.

Der Röhrenton ohne Ansatzrohr betrug a^1.

Ansatzrohrlänge.	Töne.	Bemerkungen.
1'' 3'''	as^1	Fall des Tones ziemlich gleichförmig, bis zur Vertiefung um eine Oktave bei 14'' Ansatzrohr.
2'' 9'''	g^1	
5'' 6'''	f^1	
7'' —	e^1	
9'' —	d^1	
11'' —	c^1	
13'' —	b	
14'' —	a	
16'' —	as^1	Rücksprung um 1 grosse Septime.
23'' —	e^1	Fall, ziemlich bedeutend.

Mit dem grössern Apparate (Stethoskopstück), wo die Bandlänge 16''' beträgt, stellte ich auch Versuche an, die jedoch stets ein negatives Resultat gaben. Höchstens konnte eine Vertiefung um $\frac{1}{2}$ Tonstufe erzielt werden. Ueberhaupt lehren die vorstehenden Versuche, dass ein Ansatzrohr den Röhrenton um so mehr vertieft, je kürzer die Bänder, je höher also die primitive Schwingungszahl ist. Bei langen Bändern ist die Einwirkung des Luftstroms des Tubulus zu oberflächlich, als dass die Luftsäule des Ansatzrohrs, auch wenn sich dasselbe bald verengt, zu einem tonmodificirenden Einflusse bestimmt werden könnte.

3) Blastöne. Der Einfluss der Rohransätze auf dieselben ist von den bisherigen Beobachtern viel zu einseitig aufgefasst worden. Nach meinen Untersuchungen ist er ein dreifacher. Erstens vermag das Ansatz- und Windrohr, wie wir bereits früher gelegentlich bemerkt haben, in vielen Fällen an Apparaten, einlippigen sowohl als auch zweilippigen, die für sich auf keine Weise durch den blossen Mundanspruch in tongebende Schwingungen versetzt werden können, die Bildung derselben zu bewirken. Meist genügt zu diesem Zwecke schon ein Ansatzrohr von wenigen Zollen. Zweitens wird durch das Ansatzrohr sehr oft, namentlich an kleinen Mundstücken mit kurzer Stimmritze, die ohne Ansatzrohr keine Blastöne geben wollen, ein höheres Register erzeugt, das von dem Grundregister (Röhren- oder Pizzicato-Tönen) oft um mehr, als um eine Oktave differirt, und dessen Timbre gleichfalls sehr abweicht. Auch giebt ein längeres Ansatzrohr oft zur Erzeugung selbstständiger Oktavenvertiefungen Anlass. Drittens bewirken die Rohransätze eine progressive Vertiefung des Mundstücktons bis zu einem gewissen Intervall, nach dessen Erreichung der Ton bei weiterer Verlängerung des Rohres wieder bis zum anfänglichen Tone oder bis in dessen Nähe zurückspringt, um bei weiterer Verlängerung des Rohrs sich wieder zu vertiefen.

Auch bei den gegenwärtigen Versuchen wiederholte sich das (schon aus Müller's Versuchen abzuleitende) Gesetz, dass der Blaston elastischer Mundstücke um so mehr durch Ansatzrohre vertieft wird, je kürzer und zugleich gespannter die Bänder sind. An Apparaten, deren Glottislänge 12 und mehr Linien betrug, vermochte ich eben so wenig den Blaston durch

Rohransätze zu erniedrigen, wie den Röhrenton. Doch war die Tonvertiefung auch hier wenigstens erkennbar.

Da die Wirkungen des Ansatzrohrs mit dem des Windrohrs in den meisten Fällen sehr übereinstimmen, auch die meisten meiner Versuche beide Einflüsse zugleich in Betrachtung ziehen, so handeln wir dieselben auch in Gemeinschaft mit einander ab.

a) Einlippige Apparate.

1. Bei einer Glottislänge von 16‴. (Stethoskopstück, wie früher, ein sehr breites Band darüber gespannt nebst hölzernem Gegenlager). Pizzicato = d^1. Blaston von hinten g^1, von vorn f^1. Ansatzrohr, in die untere Apertur gesteckt, 9—10″ lang, vertiefte den bei Vornanspruch erhaltenen Ton um kaum eine ganze Stufe. Wurde das Ende dieses Rohrs in den Mund genommen, und dasselbe so zum Windrohr gemacht, so trat genau dieselbe Wirkung ein. Wurde dagegen ein Ansatzrohr vorn, auf das Mundstück selbst aufgesteckt, und das Instrument von hinten, also mit gleichzeitigem kurzem Windrohr, angesprochen, so blieb fest und unveränderlich der Ton g^1, es mochte angesetzt werden, was und wie viel ich wollte.

2. Glottislänge von 14‴

a. Ueber das früher oft benutzte Petschaft wurde ein breites, dessen Apertur ziemlich deckendes Band gespannt. Pizzicato gab es den Ton c^2. Es wurde beiderseits je eine Platte angeschoben, so dass zwei Stimmritzen entstanden, wie im Versuch e). Der bei Hintanspruch erscheinende Blaston war c^2, mit dem Grundton übereinstimmend. Wurden Windrohre von verschiedener Länge angesetzt, so hatte dies auch nicht den geringsten Einfluss auf Aenderung der Tonstufe. Dasselbe negative Resultat erfolgte, wenn der eine Bandrand über den Rahmen gezogen war, wie in Versuch a), und der Anspruch von hinten gegeben wurde.

b. Eben so wenig hatten auf die nach Versuch c) oder f) konstruirten Apparate Rohransätze irgend einen die Tonstufe ändernden Einfluss.

c. Dagegen wurde ein mehr oder weniger vertiefender Einfluss bei allen Vorrichtungen beobachtet, wo das Band mit einer Stimmritze schwang, und dabei über-, auf- oder einschlagende Schwingungen machte. Einige Beispiele mögen als Beweis hier stehen.

1) Vorrichtung a). Ueber die Apertur des Petschafts wurde, wie vorhin bei a., ein verhältnissmässig breites Band gespannt, so dass die eine Randzone desselben dem einen Rahmenrande auflag, die andere frei über der Apertur stand. Ein hölzernes Gegenlager wurde diesem freien Rande angeschoben. Pizzicato gab es jetzt den Ton d^2. Der Blaston war e^2, und fiel crescendo auf es^2. Die Rohransätze wurden an der hintern Apertur angebracht, das Instrument von vorn angesprochen. Bei 2″ 3‴ betrug die Vertiefung eine Stufe (d^2, crescendo dis^2), bei 7½″ fiel der Ton auf h^1 (guter, ohne Vertiefung schwellbarer Ton): also Vertiefung um eine Quarte. Wurde der Anspruch recht piano genommen, so sprang der Ton auf e^2 zurück; eine Bemerkung, die noch oft vorkommen wird. Bei etwas mehr Verlängerung war nur der hohe Ton e^2 möglich, der durch fernere Ansätze sich wieder allmälig vertiefte, nur mussten dieselben jetzt verhältnissmässig länger genommen werden, auch erfolgte bereits bei cis^2 der zweite Rücksprung.

2) Ich nahm nun ein bei gleicher Breite dickeres, an der freien Kante etwas zugeschärftes Band: die übrigen Verhältnisse blieben dieselben. Pizzicato a^1. Der Blaston gehörte dem hohen Register an, er war f^2, eine Sexte höher, bei Vornanspruch sowohl wie bei Hintanspruch. Rohransätze, wie im vorigen Versuch applicirt, vertieften nicht mehr als um zwei Stufen (eine Tertie), mochten sie als Wind- oder als Ansatzrohr gehandhabt werden. Dann folgte der Rücksprung, dann neue Vertiefung u. s. w. Wurde in dem einen oder andern Falle das Rohr vorn angesetzt, so hatts es eben so viel Wirkung, als in No. 1.

3) Ich rückte nun das Band (ein schmäleres) in die Mitte der Apertur, schob beiderseits ein Gegenlager, hier eine Holz- da eine Kartenplatte vor, so dass zwei Stimmritzen entstanden. Pizzicato e^1. Von vorn angeblasen gab das Instrument erst nach Anfügung eines kurzen Rohrs (durch Verlängerung des schon vorhandenen Ansatzrohrs, beiläufig bis auf 5½ Zoll) einen Ton: er war d^2, also dem hohen Re-

gister angehörig. Als Windrohr, von hinten angesprochen, gab das Instrument denselben Ton.

Ansatzrohr	6″ 9‴	= cis^2.	
„ „	10″ 10‴	= h^1.	
„ „	12″ 2″	= $a^1 - b^1$.	Vertiefung um eine Quarte.

Weitere Verlängerungen bewirkten Rücksprung nach d^2 u. s. w. — Nachdem ich die Holzplatte etwas mehr angeschoben hatte, war der Blaston auch ohne das Ansatzrohr möglich; er war jetzt f^2. Man hätte nun erwarten sollen, dass die in gleicher Weise, wie vorhin, bewerkstelligte Vertiefung jetzt nur bis c^1 gehen würde, allein sie liess sich immer noch bis a^1 treiben, betrug also jetzt eine Sexte. Man sieht hieraus, von was für scheinbaren Kleinigkeiten der Betrag der Tonvertiefung durch Ansatzrohre abhängt. Auch hier liessen sich die letzten (tiefsten) Töne durch Piano-Anspruch in den Primärton f^2 zurückwerfen. — Weitere Rohransätze hatten die gewöhnliche Wirkung.

Wurde aber derselbe Apparat umgedreht, d. h. aus dem Ansatzrohr ein Windrohr gemacht, so liess sich der Grundton f^2 nur bis cis^2 vertiefen, worauf der Rücksprung erfolgte.

Doch auch diese Erscheinung ist eine zufällige. Man kann nie vorhersagen, wie weit die Vertiefung gehen werde. Bei günstigen Verhältnissen ist gewiss in den meisten Fällen letztere bis auf eine Oktave zu treiben: bei ungünstigen behält der Grundton ein gewisses Uebergewicht und macht sich schon eher wieder geltend. Was unter diesen „günstigen Verhältnissen" zu verstehen sei, wollen wir weiter unten erörtern.

4. Derselbe Apparat, wie früher in Vers. g) der einlippigen Apparate. Während der Röhrenton g^1 betrug, war der Blaston (von vorn und hinten) es^2 oder e^2, und hatte ein Fisteltimbre, tremulirte auch oft etwas.

Ansatzrohr	2″ 3‴	= h^1,	reiner Zungenton, oft mit der tiefen Interferenzoktave.
„ „	6″ 5‴	= h^1,	ebenso.
„ „	12″ —	= h,	tiefe Oktave, rein. Nur bei sehr leisem Anspruch erschien h^1.
„ „	18″ —	= h^1,	hohe Oktave wieder, und zwar rein, ohne Beimischung der tiefen. Der Ton etwas unterschwebend.
Windrohr	2″ 3‴	= $e^2 - es^2$	bei sehr enger Stimmritze, bei etwas weiterer: Vertiefung auf cis^2.
„ „	6″ 5‴	= $d^2 - c^2$	bei Erweiterung h^1.
„ „	8″ —	= $a^1 - as^1$	bei Piano oft Vorton es^2.
„ „	12″ —	= $cis^2 - d^2$	Sprung.
„ „	17″ —	= es^2	noch weiterer Sprung (NB. Wohl wie bei 2″ 3‴ zu erklären).
„ „	19″ —	= e^2	Fall.
„ „	21″ —	= e^2	stabil.
„ „	24″ —	= d^2	Fall.

Hier haben wir einen Fall, wo das Ansatzrohr nichts weiter that, als das Register zu ändern, wo also die Rohrabstufungen keinen Einfluss hatten: kurz, wo der Vorton allein stattfand, der Nachton — dieser allein zeigt die Stufung — ausblieb. Der Grund dieser Erscheinuug liegt darin, dass sich bei Vornanspruch die Glottis *b* mit öffnete, die Luft also durch beide Oeffnungen strich, was in der Regel die Tonvertiefung verhindert.

5. Der Apparat wurde wie im Vers. b) vorgerichtet, Der hier erscheinende Ueberschlagton, mochte er bei Vorn- oder Hintanspruch erfolgen, war durch Rohransätze nur wenig, etwa um eine Stufe vertiefbar, und wenn die Deckplatte aus starkem Kartenpapier bestand, war, wenigstens bei Hintanspruch, gar keine Vertiefung wahrzunehmen. — Sobald aber hier ein tiefer Aufschlagton gelang, so wurde dieser, und zwar schon durch ein kurzes Ansatzrohr, auffallend vertieft, s. weiter unten. Fanden Interferenzerscheinungen statt, so wurden beide Töne gleichmässig vertieft, aber auch nicht weiter, als der hohe Einzelton.

6. Desgleichen betrug bei Vorrichtung c), wenn z. B. der bei Hintanspruch erscheinende Blaston 1 Quarte über dem Pizzicato-Tone lag, die Vertiefung durch Windrohr nur wenig. Dagegen war dieselbe ergiebiger bei der Vorrichtung g). Hier

wurde in einem Falle der 1 Sexte über Pizzicato liegende Primärton durch ein Windrohr von 9—10′ um 1 Quinte vertieft, kam also ziemlich bis auf den Grundton.

7. Wurde dem in der Mitte der Rahmenapertur aufgespannten, pizzicato e¹ gebenden Bande unter die eine Randzone eine dünne Platte geschoben, während gegen die andere Zone eine dickere Platte als Gegenlager angeschoben wurde, so gab der Apparat bei Vornanspruch den Ton a¹, der sich durch Ansatzrohr um etwa 2 Stufen vertiefen liess. Da aber bei diesen Tonphänomenen etwas Luft zwischen der Deckplatte und dem Bandrande zu entweichen schien, was einen vertiefenden und hemmenden Einfluss äusserte, so legte ich dem zu dämpfenden Bandrande noch eine Holzplatte auf, so dass das Band hier eingeklemmt wurde. Der jetzt erscheinende Ton war es², eine grosse Septime über dem Pizzicato-Tone, und liess sich durch Ansätze bis auf as¹ vertiefen, welcher Ton oft mit dem hohen Primärtone es² als Interferenz oder Nebenton begleitet war.

8. Der Apparat h) liess bei Anwendung von Windrohren kaum mehr, als eine Vertiefung von 1 Tertie zu, worauf Rücksprung auf den Primärton erfolgte.

9. Bei der Vorrichtung l) liess sich der mit 2 Stimmritzen erhaltene Ton in einem Falle um etwa 1 Quinte vertiefen, wozu etwa 7—8″ Windrohr erforderlich war, dann erfolgte Rücksprung; in andern Fällen war jedoch gar keine Vertiefung möglich. War nur eine Stimmritze thätig, der Ton also etwa um 1 Tertie oder Quinte tiefer geworden, als der vorige Primärton, so vertiefte das Windrohr nur um 1 Sekunde oder kleine Tertie, der Ton kam also hier so ziemlich auf dieselbe Stufe, wie der auf beiden Stimmritzen erhaltene. In andern Fällen war aber auch hier keine erhebliche Vertiefung durch Windrohr zu erhalten.

d) Ganz anders verhält es sich mit den Tönen einlippiger Apparate, welche von vorn herein tiefer liegen, als der Pizzicato-Ton. Alle diese Töne, mögen sie durch auf- oder einschlagende Schwingungen erhalten sein, werden durch Rohransätze auffallend, oft weit über 1 Oktave, vertieft. Die hierüber angestellten Versuche gehören zu den interessantesten in der ganzen Akustik, schon deshalb, weil sie darthun, dass gerade die für sich schon tiefsten Töne, welche an Zungenmundstücken zu erhalten sind, mittels Rohransätze noch ausserdem in weit grösserem Maasse, als die höhern und höchsten Töne dieser Apparate sich vertiefen lassen, dass also der Tonumfang derselben überhaupt durch dieses Mittel fast ins Ungeheuere gesteigert wird.

Ausser der schon vorhin erwähnten Vertiefung der bei der Vorrichtung b) möglichen tiefen Aufschlagtöne gehören aus unsern Versuchen an einlippigen Apparaten Folgende hierher. Der bei der Vorrichtung c) von vorn erhaltbare etwa 1 Tertie unter Pizzicato liegende Aufschlagton liess sich durch Ansatsrohre von mässiger Länge ungefähr bis auf eine Septime vertiefen. — Der bei Vorrichtung e) von vorn erzeugte Einschlagton (1 Quarte unter Pizzicato liegend) wurde durch ein Ansatzrohr, das bis 11—12″ verlängert wurde, ziemlich gleichförmig bis auf 1 Oktave vertieft; wenn aber nur die eine Glottis thätig war, da betrug die Vertiefung etwas weniger, z. B. Pizzicato a¹, Einschlagton f¹, bei 12″ Ansatzrohr g. — Noch bedeutender fiel die Tonvertiefung in den Versuchen i) aus. Zwar liess sich der im Vers. 1. erhaltene 1 Sexte unter pizzicato liegende Aufschlagton durch Windrohre nicht vertiefen, jedenfalls weil hier ausser der einen Stimmritze, in welcher die eine Bandzone gegen die überliegende Plattenzone aufschlug, noch eine andere thätig war, in welcher die andere Bandzone recurrendo gegen den Rahmen schlug: dagegen wurde der (bei Fixirung letzterer Bandzone) durch einseitig aufschlagende Schwingungen erzeugte Ton g¹, eine Quarte unter dem Pizzicato-Tone liegend, durch ein Windrohr von 10″ allmälig bis auf die bedeutende Vertiefung von e gebracht, worauf er auf den Primärton g¹ zurückschlug. Doch auch diese Vertiefung war noch nicht die grösste. Wenn der Apparat wie in i) 2. konstruirt, und ein 1 Quinte unter dem Pizzicato-Tone (a) liegender Aufschlagton (d) erhalten worden war, so liess sich dieser durch ein bis 14′ anwachsendes Windrohr sukcessiv wiederum bis auf 1 Sexte (Fis) vertiefen. Dieser an sich schon sehr tiefe Ton wurde bei piano einsetzenden, allmälig steigenden Anspruch noch von der tiefen Interferenzoktave $Fis_{,}$, sage Contra-Fis, begleitet. Wurde derselbe Apparat von vorn intonirt, oder bei vorigem Anspruch die Luft eingezogen, so ertönte der hohe Ueberschlagton b¹,

der sich ohne sonstige Mittel bis d^2, und bei Anwendung der Verschmälerung des Bandes bis auf etwa a^2 erhöhen liess: demnach betrug der Umfang des ganzen Tonbereichs dieses Apparats bei gleichbleibender Bandspannung $4^1/_2$ Oktaven. Später erhielt ich auch auf weniger vertieften Aufschlagtönen dieses Apparats die tiefe Interferenzoktave. — Auch der bei Vorrichtung k) erzeugte Aufschlagton liess sich durch Ansatzrohre vertiefen: bis zu welchem Grade, konnte ich wegen der Schwierigkeit des Anspruchs vorläufig nicht erforschen; jedenfalls verhielt sich der Apparat dem vorigen analog. — Endlich der in Vers. m) bei Vorrichtung *a* mittels Vornanspruchs erhaltene Einschlagton (1 Tertie unter Pizzicato) liess sich durch ein bis 13″ verlängertes Ansatzrohr um 1 None vertiefen, welche dann bei leisem Anspruch wieder vom Primärton begleitet wurde; bei weiterer Verlängerung ertönte dieser allein. Der korrespondirende Ueberschlagton war nur um 1 Tertie vertiefbar.

Diese Versuche, die sich jedenfalls noch mehrfach vervollständigen lassen, eröffnen uns abermals ein bisher noch fast unbekanntes Feld der Tonlehre, und geben Zeugniss von der enormen Tonergiebigkeit der elastischen Bänder.

3. Glottislänge = 9‴, Kurzes Mundstück, der Rahmen mit einem breiten Bande zur Hälfte gedeckt, die andere Hälfte erst mit einer dünnen Pappplatte (da der Apparat auch zu Röhrentonversuchen gebraucht wurde, s. oben), dann mit einer Holzplatte gedeckt. Pizzicato: kein deutlicher Ton. Röhrenton a^1. Das Band wurde mit einer Nadel an der Aussenkante fixirt. Wir wollen der Vergleichung wegen den hier geübten Einfluss der Rohransätze auf den Röhrenton sowohl, als auf den Blaston neben einander stellen.

Rohrlänge.	Röhrentöne.	Blaston Ansatzrohr.		Blaston Windrohr.
		Pappplatte.	Holzplatte.	Holzplatte.
0″ —	= a^1	vacat	vacat	vacat.
1″ 3‴	= as^1	c^3	h^2	a^2
2″ 9‴	= g^1	g^2 (Fall)	g^2	fis^2
4″ —	= fis^1	e^2 ,,	f^2	e^2
5″ 6″	= f^1	d^2 ,,	dis^2	cis^2
7″ —	= e^1	cis^2 (Oktave)	d^2 (Sexte)	b^2 (Sprung)
9″ —	= d^1	gis^2 (Sprung)	b^2 (Sprung)	a^2
11″ —	= c^1	fis^2	gis^2	g^2
12″ —	= h	f^2	fis^2	f^2
13″ —	= b	e^2	e^2	es^2
14″ —	= a (Oktave)	e^2	e^2	es^2
16″ —	= as^1 (Sprung)	d^2	d^2	d^2
23″ —	= e^1	e^2 (Sprung)	e^2	e^2 (Sprung).

Wir erkennen aus diesen Versuchen nicht nur den Einfluss der Rohransätze auf das Register und auf die Tonbildung überhaupt, sondern finden auch eine Bestätigung der Angaben Rinne's über den verschiedenen Einfluss nachgiebiger und starrer Gegenlager. Bei letzterem ging der Rücksprung eine ganze Stufe weiter, als bei ersterem, auch fiel der Ton caeteris paribus meist höher aus. Ausserdem ist die grosse Uebereinstimmung der Resultate des Windrohrs mit den des Ansatzrohrs auffallend. Noch ist zu bemerken, dass bei diesen mit dem kurzen Mundstück angestellten Versuchen niemals Wechseltöne, und eben so wenig Interferenzen beobachtet wurden.

b) Zweilippige Apparate.

Die ersten Versuche, die ich mit solchen Apparaten anstellte, waren ziemlich roh, und bezweckten nur, den Einfluss des Ansatzrohrs auf die Tonstufe im Allgemeinen zu erforschen. Ich nahm zu diesem Zweck ein Mundstück aus einem Stück Korkholz (Fig. 133 *a*), in welches ich einen Kanal geschnitten hatte, der nach der Rahmenapertur sich etwas verengte. Diese Apertur wurde

mit zwei etwa 10‴ langen Bändern aus naturellem Kautschuk überspannt, deren äussere Kanten später auf den Rahmen mit Nadeln aufgeheftet wurden. Der Grundton dieser Bänder wurde weder pizzicato noch durch den Tubulus untersucht. Die Glottisränder berührten sich nicht völlig. Für sich angeblasen gab dies Mundstück keinen Ton, eben so wenig, wenn es in ein weiteres Rohr von 6½″ gesteckt, und mittels desselben (als Windrohr) angeblasen wurde; es wurde daher in die hintere Oeffnung desselben ein engeres Windrohr (von 3″ Länge und 3‴ Weite) gesteckt, und dann erfolgte die Tonbildung ziemlich leicht. Bei freien, nicht fixirten Bändern gab sowohl Vorn- als Hintanspruch den Ton g^1, der also wohl als Grundton dieses Apparats angesehen werden kann. Wurden beide äussern Bandkanten fixirt und von hinten angeblasen, so erschien ein höherer Ton c^2.

Es wurde nun ein hölzernes, aus einer Kinderpfeife geschnittenes, etwa 3″ langes und mit 3 Löchern, die etwa ⅔″ weit auseinander standen, versehenes Ansatzrohr in das Mundstück gesteckt, und dasselbe von vorn angeblasen. Waren alle 3 Löcher offen, so war nur schwer ein matter Ton d^2 zu erhalten. Wurde das dem Mundstück zunächst liegende Loch geschlossen, so erschien c^2, lauter, voller Ton; war dieses und das mittlere Loch geschlossen, so fiel der Ton weiter auf b^1, waren alle 3 geschlossen, so war der Ton a^1. Also war durch ein Ansatzrohr von 3″ eine Vertiefung um 1 Quarte erzielt worden. Dieses Rohr war etwa 1‴ weiter, als das vorige, welches in gleicher Eigenschaft den Ton auf g^1 gebracht hatte. Es scheint demnach caeteris paribus ein engeres Ansatzrohr den Ton mehr zu vertiefen, als ein weiteres.

Hiermit stimmt folgender Versuch überein, den ich, um über den letztern Punkt klarer zu werden, sogleich darauf anstellte. Wenn ich die Mündung des Ansatzrohrs (von 4″ 2‴), das so eben den Ton eines andern (nicht näher beschriebenen) ähnlichen Mundstücks als f^2 angegeben hatte, mit dem vorgehaltenen Finger um die Hälfte verengte, so fiel der Ton um 1 ganze Stufe, er kam auf es^2.

Ein anderes kleines, von der Rahmenfläche aus sich kegelförmig verengendes Mundstück gab mit einem zweizolligen 4–5‴ weitem Ansatzrohr den Ton f^2, mit einem 3″ langen ein wenig weiterem den Ton c^2, so dass ein einziger Zoll Verlängerung eine Tonvertiefung von 1 Quarte bewirkte. Umfasste ich diesen Apparat unten mit der Hohlhand, so dass dadurch eine weitere Verlängerung des Ansatzrohrs bewirkt wurde, so vertiefte sich der Ton gleichfalls, und zwar um so mehr (bis zu 1 Tertie bis Quarte), je enger ich die Finger zusammenschloss.

Versuche mit Bändern aus vulkanisirtem Kautschuk.

aa) Mit langen Bändern (16″ Länge)

1. Gleiche Stimmung. Bänderbreite 4‴. Pizzicato = c^1. Der Blaston war d^1, gehörte also dem Grundregister an. In die untere enge Apertur des bereits fast 4″ langen, also schon ein kurzes Windrohr darstellenden Apparats wurden nun Rohre von verschiedener Länge eingesetzt, aber nie wurde eine Vertiefung oder sonstige Stufenänderung beobachtet. Bei längerem Windrohr waren die Bänder geneigter, den Ton des hohen Registers c^2 anzugeben, namentlich, wenn die Glottisränder sich einigermaassen berührten.

Anders verhielt es sich, wenn die Bänder gleich von vorn herein so disponirt wurden, dass sie den Hochton c^2 ohne Rohransatz gaben. Dann wurde dieser Ton durch ein Windrohr von 5″ (in die hintere Apertur des Apparats eingesetzt) um 1 Tertie vertieft (a^1), durch 7½″ auf g^1. Weiter liess sich die Vertiefung nicht treiben; schon bei dieser Rohrlänge erschien bei schwächerem Anspruch der hohe Ton, der hier sogar etwas höher lag, als der Primärton (cis^2 — d^2), wieder, und bei Verlängerung des Windrohrs auf 9″ war nur dieser Hochton möglich. Bei weiterer Verlängerung fiel der Ton wieder.

Ansatzrohre, dem Rahmen vorgesetzt, die also bedeutend weiter sein mussten, als die bisherigen Windrohre, vertieften den Hochton c^2 um $\frac{1}{2}$ Stufe, worauf Rücksprung erfolgte. Der Grundton c^1 oder d^1 wurde bei dieser Vorrichtung gar nicht vertieft.

Derselbe Apparat, breitere, fast die ganze Apertur deckende Bänder. Pizzicato c^1. Blaston von hinten d^1 (Grundregister). Bei 6 ′ Windrohr ertönte, ich weiss nicht durch welchen Mechanismus — wahrscheinlich durch Aufschlag der Bänder — der Ton g^1, dessen Timbre dem des vorigen Tons sehr ähnlich war. Doch kehrte er bald nach d^1 zurück, und war auch absichtlich nicht wieder zu erzeugen. Weitere Ansätze hatten keinen Einfluss: der Grundton liess sich nicht vertiefen.

Dasselbe Instrument wurde nun von vorn angesprochen. Die Glottis war linienförmig. Es erschien d^2 mit der Interferenzoktave d^1, letztere ziemlich deutlich und zuweilen selbst vorherrschend. Auch dieser Ton liess sich durch Verlängerungen durchaus nicht vertiefen, er verhielt sich wie der isolirte Grundton.

Bei genauerer Berührung der Glottisränder erschien bei Vornanspruch der Blaston e^2 allein. Dieser Ton wurde vertieft durch ein

Ansatzrohr von	2″	auf d^2
„ „ „	4½″	„ cis^2
„ „ „	5½″	„ c^2 (mit Vorton d^2)
„ „ „	10″	Sprung nach e^2
„ „ „	15″	Fall nach d^2.

Bei Hintanspruch wurde der Hochton d^2 erhalten, der in ähnlicher Weise durch Windrohre vertieft wurde, wie der vorige durch Ansatzrohre. Die Vertiefung betrug hier 1 Tertie, in einem andern Falle eine Quarte.

Diese Versuche wurden oft mit andern Bändern wiederholt, und gaben stets ähnliche Resultate.

Vor die Rahmenfläche ein Ansatzrohr anzubringen, hatte bei meiner Bänderaufspannungsmethode grosse Schwierigkeiten: doch liessen sie sich überwinden. Leider vermochte ich nur dabei den Grundregisterton zu erhalten, der sich hier auf keine Weise vertiefen liess.

2. Ungleiche Stimmung. — a. Pizzicato c^1 und fis^1. Blaston (von hinten angesprochen) fis^1—g^1. Dieser Ton liess sich durch Rohransätze ebensowenig vertiefen, wie der Grundton in den vorigen Versuchen.

b. Pizzicato c^1 und a. Blaston von vorn c^1, von hinten h^1. Vertiefung Null. Bei enger angerückten Bändern Falsetton f^2. Dieser Ton zeigte das Eigenthümliche, dass er sich durch ein kurzes Ansatzrohr von etwa 5″ um 1 reichliche Stufe vertiefen liess, dagegen bei 7″ sich um 1 Stufe erhöhte. Wir wissen jedoch, und werden später noch genauer untersuchen, was wir von solchen scheinbaren Erhöhungen zu halten haben. Bei stärkerem Anspruch ging auch dieser Ton in den tiefern cis^2 über. Durch weitere Rohransätze und Modifikationen der Luftgebung liessen sich hier, oft in einem Athem, 3—4 verschiedenen Registern, respektive schwingenden Abtheilungen des Ansatzrohrs, angehörige Töne erzeugen.

c. Das so disponirte Instrument umgekehrt, so dass aus dem Ansatzrohr ein Windrohr wurde, gab den Hochton d^2, der jedoch bei stärkerem Anspruch leicht in einen dem Grundregister angehörigen Ton zurückfiel. Bei 6″ Windrohr fiel dieser Ton auf h^1. Bei 10″ kamen in einem Athem 3 Töne: c^2, d^2, as^1, und bald darauf der Grundregisterton d^1. Wenn ich nun vollends mit den Fingern etwas an den Glottiszonen herum manövrirte, eine derselben niederdrückte u. s. w., so gab ich zu neuen Tonerscheinungen Anlass, die nun wiederum nicht ermangelten, vom Windrohr manche Veränderungen zu erleiden.

Auch bei diesem Versuche liess sich bei vor dem Rahmen vorgesetztem Ansatzrohr das hohe Register nicht erzeugen. Das Grundregister wurde nicht vertieft.

d. Dasselbe Mundstück mit 2 Bändern von 4‴ Breite. Pizzicato e^1. Enge Glottis. Blaston von hinten d^2, also hohes Register. Das Windrohr vertieft bei 2″ um 1, bei 6″ um 2, bei 8″ um 3 Stufen, bei 9″ sprang der Ton zurück u. s. w. — Ein etwas über 5″ langes, die Weite des Rahmendurchmessers habendes Ansatzrohr dem Apparat an dem Rahmenende angesetzt, erhöht den Ton bei mässig starkem Anspruch um 1 Stufe *). Bei stärkerem Blasen kam oft ein um 1 Tertie tieferer Nebenton, der aber etwas zerrissen war. Wurde diesem Rohre noch ein gleichlanges angesetzt, so fiel der Ton auf d^2 zurück. Wurde das erste Rohrstück am Ausgange verengt, so vertiefte sich jenes e^2 allmälig bis auf cis^2. Weitere Vertiefung des Hochtons war durch solche Ansatzrohre nicht möglich.

e. Das etwas kleinere, mit 3″ 3‴ Rohransatz (Petschaft) verbundene Mundstück mit 2 Bändern von 14‴ Länge und 2‴ Breite überspannt. Pizzicato es^1 und f^1. Blaston (von hinten angesprochen) = f^2. Windrohre bis 8″ Länge vertieften allmälig diesen Ton bis h^1. Bei 10″ Länge erfolgte der Sprung nach es^2, welcher Ton sich durch fernere Ansätze wieder vertiefen liess.

f. Das eben gebrauchte Mundstück wurde nun mit 2 dünnern aber breitern Bändern, welche die Apertur des Rahmens völlig überdeckten, bespannt. Pizzicato g^1 und a^1. Der Blaston (von vorn angesprochen) war h^1 (Grundregister). Ansätze von verschiedener Länge brachten keine Stufenänderung. Von hinten angesprochen gab das Instrument den gleichfalls dem Grundregister angehörigen Ton g^1. Auch hier hatten Rohransätze (als Windrohr angesprochen) keine abstufende Wirkung. (Der von vorn erhaltene Blaston war höher, als der von hinten erzeugte, weil im erstern Falle die Bänder nur so weit schwingbar waren, als sie frei über der Rahmenapertur hingen.)

bb) Mit kurzen Bändern (9‴). Das bekannte kurze Mundstück, wie es bereits oben zu Röhrentönen und deren Vertiefung verwendet wurde. Beide Bänder gaben mit Tubulus (pizzicato nicht vernehmlich), wie gewöhnlich den Ton d^1, wenn die Aussenkanten der Bänder frei dem Rahmenrande auflagen; cis^1, wenn sie fixirt wurden. Einen Blaston gab dieses Mundstück nur dann, wenn ein wenigstens 3″ langes Rohr in die hintere Apertur gesteckt worden war, er betrug bei Vornanspruch (Ansatzrohr) as^2, stand also eine Duodecime höher, als der Grundton. Wir wollen die Ergebnisse der Modificirung des Blastons durch Rohransätze auch hier mit den Wirkungen letzterer auf den Röhrenton vergleichen.

Rohrlänge.	Röhrentöne. Frei.		Fixirt.	Blastöne. Ansatzrohr.	Blastöne. Windrohr.
0	d^1	—	cis^1	(als b^2 anzunehmen)	(als b^2 anzunehmen)
3″	c^1	—	h	as^2	nicht möglich.
5½″	h	—	a	d^2	d^2
9″	b	—	as	nicht möglich	b^1 (Oktave).
10½″	a	—	g	g^2 Sprung	nicht möglich.
12″	a	—	e	f^2 Fall	,, ,,
13″	as	—	d	e^2	,, ,,
16″	g	—	cis	d^2	,, ,,
18″	fis	—	B	g^2 Sprung	,, ,,
19″	undeutlich	—	A	f^2 undeutlich	,, ,,
24″	c^1	—	h (Sprung)	nicht möglich	,, ,,

Während hier die Röhrentöne sich progressiv bis zu einer vollen Oktave vertiefen liessen, sprangen die Blastöne durch Einwirkung des Ansatzrohrs

*) Vergleiche diese Erscheinung mit dem Einflusse der Kombination von Wind- und Ansatzrohr.

zweimal nach einer Vertiefung von nur 1 Quarte auf g^2, d. h. bis fast auf den Grundton zurück. Das Windrohr hatte noch weniger Einfluss, es bedurfte erstlich einer grössern Länge, um überhaupt die Tonbildung möglich zu machen, brachte aber dann bei einer Länge, wo das Ansatzrohr keinen Ton erzeugte, einen Ton hervor, der tiefer war, als irgend ein durch Ansatzrohr erzeugbarer.

Dasselbe Mundstück. Gleiche Stimmung in a^1.

Rohrlänge.	Ansatzrohr.	Windrohr.
2″ 9‴	a^2 Oktave	a^2 etwas undeutl., crescendo nach f^2 überspringend.
3″ 3‴	f^2	e^2
5″ 6‴	e^2 Quarte tiefer	d^2 Quinte Vertiefung. Zuweilen bei Gegendruck der Bänder tiefe Interferenzoktave d^1.
6 ′ 8‴	e^2	d^2
9″ —	kein deutl. Ton	kein Ton.
10″ 5‴	g^2 Sprung	g^2 undeutlich, Sprung.
12″ —	f^2 Fall	f^2 ,, ,,

Weitere Verlängerung erlaubte keinen Tonanspruch mehr. —

Auffallend ist in beiden Versuchen das rasche Fallen von as^2 und a^2 um 1 Quarte bis Quinte bei verhältnissmässig geringer Verlängerung des Rohrs, worauf keine weitere Vertiefung möglich war. Erscheinungen, wie das Umspringen des anfänglichen Tones a^2 auf f^2, haben wir bereits kennen gelernt.

Dasselbe Mundstück. Gleiche Stimmung in g^1. Es wurde ein aus einer Kinderpfeife geschnittenes Rohr von 3″ Länge, das mit 4 Löchern, 6—9‴ auseinander liegenden, versehen war, angesteckt. Dieses Rohr, das etwas zarter gebaut war, als die bisher angewandten, auch etwas enger, erleichterte den Anspruch mehr, denn es erschien noch ein Ton, wenn nur das oberste Loch geschlossen war, was 1″ Ansatzrohr entsprach. — Hielt ich alle 4 Löcher zu, so erschien g^2, 1 Oktave höher, als der Röhrenton. Das unterste Loch geöffnet = gis^2 (unterschwebend), das zweite = a^2, das dritte = c^3, obwohl nicht ganz voll und leicht. Hielt ich wieder alle Löcher zu, und sprach die Pfeife als Windrohr an, so erschien wieder g^2. Begreiflicher Weise liessen sich die übrigen Töne jetzt nicht erhalten.

Dasselbe Mundstück. Ungleiche Stimmung: a und $h_,$ also grosse Schlaffheit der Bänder. Erst bei etwa 5″ Rohrlänge Anspruch möglich. Der Primärton scheint hier gar nicht möglich gewesen zu sein, ist aber auf a^2—b^2 zu berechnen.

Rohrlänge.	Ansatzrohr.	Windrohr.
6″	d^2, Decime. Oft unrein, mit tiefer Interferenzoktave.	h^1, nur Anfangs zu erhalten, später nur d^2, wie beim Ansatzrohr.
7″	kein Ton	c^2 oft mit tiefer Oktave, doch auch rein zu erhalten.
9″	a^2, Rücksprung zum Primärton.	

Hier kamen bei Ansatzrohr die Töne nur sprungweise. Bei 6″ hätte wohl eigentlich d^1 als Hauptton erscheinen sollen, und zwar als Vertiefung vom anzunehmenden Primärtone a^1. Jedenfalls war dies hohe d^2 eine Erhöhung durch Knotenflächebildung im Ansatzrohr, also mehr Cylinderton, als Zungenton; ebenso beruht der bei 9″ Ansatzrohr erscheinende hohe Ton a^2, den Horntönen analog, auf Bildung einer neuen Knotenfläche in der Luftsäule des Ansatzrohrs.

Derselbe Apparat. Die Bänder ungleich, das eine in e^1, das andere in a^1 gestimmt; beider Aussenkanten mit 1—2 Nadeln auf den Rahmen fixirt. Es wurde das bereits gebrauchte Pfeifrohr mit 4 Löchern angesetzt, und letztere zugehalten.

)ie jetzt erfolgende Tonbildung war ungleich: piano unvollkommener Vorton gis^2, ann Staccato-Stösse fis^2, crescendo Vollton c^2. Zuweilen rückten diese fis^2-Stösse :lie beiläufig grosse Aehnlichkeit mit dem Gänseschnattern hatten) zu einem ziem-ch zusammenhängenden Tone zusammen. Das Phänomen verhielt sich übrigens enau so, wie das, was wir früher als hohen Interferenzton bezeichneten. Zuwei-:n wurde der hohe Ton gis^2 deutlich und laut, worauf der Schnatterton fis^2 weg-lieb. Oeffnete ich nun das unterste Loch, so erhöhte sich dieser Ton auf a^2, wurde och das nächste Loch geöffnet, so kam h^2, aber unklar. Beim Hinzufügen des 3. ,oches war gar kein Anspruch mehr möglich. Dasselbe Rohr mit geschlossenen ,öchern als W i n d r o h r angeblasen gab fis^1, sehr leicht, also den G r u n d t o n die-es Instruments, nur mässig vertieft. — Wurde statt dieses Rohrs ein anderes (ohne ,öcher) von 5$^1/_2$" angesetzt, so erschien piano f^2, crescendo als voller Zungenton ^{2}, wie vorhin. Nachdem eine kleine Aenderung mit den Nadeln vorgenommen, var bei Vornanspruch dieser tiefe Vollton c^2 nicht mehr möglich, dafür erschien ^{2}, vom Interferenzton h begleitet. Auffallender Weise liess sich durch stärkeren Anspruch dieser Tiefton bis as vertiefen, während der Hochton seine Stufe nicht eränderte.

Durch weitere Verlängerung des Ansatzrohrs bis auf 12" kam der Vollton auf ıs^2 (gis^2): was also Anfangs (bei 3" Ansatzrohr) unvollkommener Vorton war, wurde lurch die Verlängerung zum Vollton erhoben, ohne dass ein tieferes Register mög-ich war. Noch mehr Verlängerung hätte wahrscheinlich diesen Ton wieder bis in lie Nähe von c^2 vertieft.

Bisher hatten die Glottisränder wegen der Nadeln eine unverrückbare Stellung behalten müssen: jetzt nahm ich die Nadeln heraus, und sprach das Mundstück mit den angedrückten Lippen meines Mundes an. Die Aussenkanten der Bänder wurden dadurch noch besser und hermetischer dem Rahmen angedrückt, zugleich auch die Glottisränder einander entge-gengedrückt. Mit dem 5$^1/_2$" langen Ansatzrohre erschien jetzt der volle Ton d^2, eine Stufe höher als vorhin. Doch hatte auch dieser Ton die Neigung, in einzelne Stücke auseinander zu reissen, wie obiges fis^2. — Setzte ich jetzt das mit den 4 Löchern versehene Ansatzrohr wieder dem Mundstück an, so wurde auch die Ton-bildung etwas mehr erleichtert. Waren alle Löcher geschlossen, so war der Ton f^2; war 1 geöffnet: g^2; 2 offen: b^2; 3 offen: d^3; also 1 Oktave höher, als bei 5$^1/_2$" Ansatzrohr.

Diesmal hatte also das kleine Ansatzrohr noch besser gewirkt, als früher, wo beim Röhrenton g^1 die Erhöhung durch Oeffnung von 3 Löchern von g^2 bis c^3 stieg.

Die interessanteste Erscheinung an dem eben probirten Apparate ist meines Erachtens das tiefe fis^1, welches anlautete, wenn das kurze Rohr mit geschlossenen Löchern als Windrohr angesprochen wurde. Es ist schwer, bei solchen kleinen Mundstücken das Grundregister als Blaston absichtlich hervorzubringen. Indessen gelang es mir doch wieder, an demselben Appa-rate, nachdem ich den Bändern die Stimmung es^1 und as^1 gegeben hatte, die also sehr wenig von der vorigen abweicht, bei gleicher Anspruchsweise den Grundton, der diesmal a^1 lautete, zu erzeugen. Die Glottisränder durf-ten dabei, wie wir wissen, einander nicht berühren, und alle seitlichen Ritzen mussten sorgsam abgehalten werden, sonst gelang entweder gar kein Ton, oder er fiel weit höher, einem höhern Register angehörig aus. Nach-dem ich etwas mehr Uebung erlangt hatte, und weniger Randbreite, als vorhin (bei a^1) niederdrückte, so gelang es mir auch, den dem normalen Grundton noch näher kommenden Ton g^1 voll und stark zu erhalten. Noch leichter und selbständiger traten die G r u n d t ö n e auf, nachdem ich die bisherigen dickeren Bänder mit dünnern, etwas schmälern vertauscht hatte. Sie gaben nach der Aufspannung pizzicato die Töne g^1 und a^1. Da die Rahmenapertur nicht vollständig von ihnen gedeckt wurde, so wurden

die übrig gebliebenen Oeffnungen derselben mit kleinen Pappplatten überklebt, wenigstens behufs des Hintanspruchs Der Blaston (von hinten) war a^1 (Grundregister), welcher Ton jetzt bereits ohne Anwendung von Rohransätzen gelang. Letztere, von verschiedener Länge angewandt (2 — 6") hatten keine vertiefende Wirkung. Dagegen erschien bei 6 ', wenn der Anspruch piano gegeben wurde, e^2 als Vorton, der aber crescendo nach a^1 zurückfiel. Desgleichen kam bei 10" Windrohr der Vorton c^2 oder cis^2, welcher auch bei Verlängerung auf 11" den Hauptton a^1 als hoher Interferenzton (tremulirend) begleitete. Bei 17" keine Aenderung. — Von vorn angesprochen gab das Mundstück den Ton e^2, welcher bei der Verkürzung, die hier die Bänder durch die Anpressung gegen den Rahmen erlitten, gleichfalls als dem Grundregister angehörig zu betrachten war. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass dieses e^2 bei beliebiger Verlängerung durch Ansatzrohre nicht geändert wurde, auch crescendo sich ohne Vertiefung schwellen liess, wie andere Grundregistertöne. — Es wurden nun die Bänder, behufs des hohen Registers, gegeneinander geschoben, so dass die Glottis linienförmig wurde. Um einen Ton jetzt zu erhalten, bedurfte es eines kurzen Ansatzrohrs von $1^1/_2$". Der Ton war e^3, eine Oktave höher, als der vorige. Bei 6" Ansatzrohr erschien, ohne dass an den Bändern etwas geändert wurde, wieder e^2, eine Erscheinung, die bei so dünnen Bändern oft vorkommt. Bei 11—12" Ansatz erschien a^2 (die Quarte von e^2), welcher Ton crescendo oft nach e^2 (in die Tonica) zurücksprang. Von diesem a^2 an war durch allmälige Verlängerung des Ansatzrohrs bis auf 15" eine ebenso sukcessive Vertiefung des Tons bis e^2 möglich. Dabei kamen oft 2 Töne hintereinander, die meist nur 1 Stufe auseinander lagen, erst g^2, dann f^2, oder f^2, dann e^2. Bei 20" Ansatzrohr war der Ton immer noch e^2, schwach, ohne Vor- oder Nebenton. — Bei allen diesen Rohrlängen gab das Instrument umgekehrt, als Windrohr angeblasen, in der Regel den Grundton a^1, nach Befinden auch a^2 (die Oktave), oder e^2 (die Quinte des Grundtons).

Dasselbe Mundstück mit zwei Bändern von der frühern Beschaffenheit, welche die Rahmenapertur vollständig deckten. Röhrentöne = f^1 und a^1. Diesmal gab das Mundstück, wenigstens so lange es noch nicht sehr durchfeuchtet war, schon ohne irgend einen Rohransatz von hinten angesprochen einen Blaston, ziemlich leicht, er war b^1, gehörte also dem Grundregister an. Auch dieser Ton wurde durch Windrohransätze von beliebiger Länge nicht verändert. Die Aussenkanten der Bänder wurden bei diesen Versuchen mittels zweier Finger niedergehalten oder mit zwei Nadeln festgesteckt, dabei die Glottis ein wenig erweitert.

Bei Vornanspruch war erst ein kurzes Ansatzrohr von etwa 15''' Länge erforderlich, um einen Blaston zu erhalten, der etwa $^1/_2$ Stufe höher ausfiel, als der vorige, also h^1. Derselbe Ton blieb, während das Ansatzrohr allmälig bis $5^1/_2$" verlängert wurde. Von $6^1/_2$" Rohrlänge an war, wenn die Weite des Rohrs dieselbe blieb, kein Ton mehr möglich. Aber wenn dem $5^1/_2$" langen Ansatzrohr noch ein nach der Mitte hin sich erweiterndes, dann scharf absetzend zum anfänglichen Lumen sich wieder verengerndes Rohr *a c* von 6" Länge (s. Fig. 97) angesetzt wurde, so kehrte der Ton wieder, aber ziemlich 1 Stufe erhöht. Wurde dies Rohr umgekehrt mit *a* voran gesetzt, so versagte der Ton wieder. Ebenso, wenn dem ersten Rohrstück von $5^1/_2$" ein konisch sich verengendes Rohr angesetzt wurde. Dagegen gelang der erste Blaston h^1 ziemlich gut, wenn ins Mundstück ein Rohr von 15''' Länge und in dies der Ohrspiegel (Fig. 140 *B*) (die enge Mündung voran) gesetzt wurde, so dass das Ansatzrohr nach aussen divergirte und überhaupt $2^1/_2$" lang war.

Es wurden nun die beiden Nadeln aus den Aussenkanten der Bänder entfernt und das mit Windrohr (13''' Holz- und 4" 3''' Kautschukrohr) versehene Mundstück angeblasen, während ich die Aussenkanten der Bänder mit 2 Fingern niederhielt. Es kamen jetzt tiefere Töne, und zwar a^1, b^1 oder h^1, wenn jene Kanten einfach mit 2 Fingerspitzen, und f^1—fis^1, oft auch g^1, wenn dieselben mit zwei flach der Länge nach aufgelegten Fingern niedergehalten wurden. Der tiefste Ton f^1 schien dadurch zu entstehen, das der Glottisrand des höher gestimmten Bandes sich über den des andern (tiefer gestimmten) Bandes schob, und in dieser Lage

in Schwingungen gerieth. Das höher gestellte Band machte dabei deutliche Exkursionen, während das tiefere gegen den Rand des obern schwang. Zuweilen erschien dabei auch ein höherer Ton e^2, wahrscheinlich wenn die Bandkanten gegen einander drückten. Bei Verlängerung des Windrohrs auf 11″ kam, wenn die Glottisränder gegen einander gepresst wurden, der Hochton g^2.

Noch höhere Töne wurden erzielt, wenn das eine oder andere Band an der Aussenkante mit 1 Nadel fixirt wurde, und das Mundstück bei kurzem Ansatzrohr mit dem Munde, und zwar so angesprochen wurde, dass das freie Band mittels der Unterlippe stark gegen den Rahmen und auch gegen das andere Band gedrückt wurde. Stak die Nadel im schlaffern Bande, so erschien bei 15‴ Ansatzrohr der Ton e^3, bei Hinzufügung des Ohrspiegels*) e^2; stak sie im straffern Bande, so waren bei gleichen Verhältnissen die Töne d^3 und fis^2. Die Vertiefung durch Divergenz des Ansatzrohrs war hier verhältnissmässig eine enorme. Bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs wurden folgende Tonphänomene beobachtet.

Der mit dem 5″ 5‴ langen Rohransatz versehene Apparat wurde jetzt von vorn angesprochen, wobei es ziemlich gleich war, ob die Aussenkanten der Bänder noch mit Nadeln fixirt waren oder nicht. Der Blaston betrug jetzt cis^2, zog sich aber crescendo meist nach c^2 herunter, das dann von dem Schnarrton c^1 begleitet war.

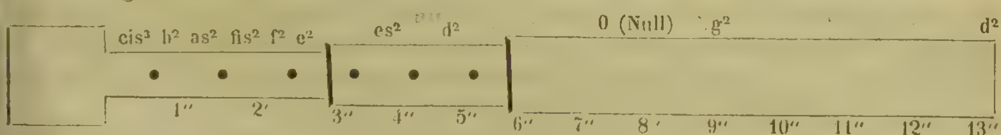
Wurde das elastische Rohr in der Mitte oder am Ausgange zusammengekniffen und so dessen Lumen verengt, so fiel der Ton gleichfalls um $1/2$ Stufe. Das Stopfen beim Hornblasen beruht auf diesem Mechanismus.

Wurde diesem Rohre noch $5^1/_2$″ Holzrohr von gleichem Kaliber angesetzt, so erschien piano a^2, das sofort in den Vollton d^2 umsetzte. Später war der hohe Ton a^2 nur isolirt, aber schön, voll und schwellbar zu erhalten, besonders wenn der eine Bandrand mit einer Nadel fixirt war. Bei Anfügung eines weitern Rohransatzes von $1^1/_2$″ fiel dieses a^2 auf g^2, um durch fortgesetzte Verlängerung wieder nach a^2 zurückzukehren.

Dagegen liess sich der Ton auf h^2 erhöhen, wenn obigem Rohransatze von 5″ 5‴ der Ohrspiegel, die weite Apertur voran, angefügt wurde. Die Erhöhung durch Konvergenz des Ansatzrohrs war hier ebenso auffallend, als vorhin die Vertiefung durch Divergenz desselben. Doch scheint hier ausserdem noch eine Kompression der Glottisränder mitgewirkt zu haben.

Demnach haben wir auf verschiedenem Wege folgende Ansatzrohrtöne am kleinen Mundstück erhalten: h^1, c^2, cis^2, d^2, e^2, f^2, fis^2, g^2, a^2, h^2, c^3, d^3. Da das zuerststehende h^1 der Grundton ist, so sieht es auf den ersten Anblick aus, als ob das Ansatzrohr nur einen erhöhenden Einfluss ausgeübt habe. Dennoch bestätigen sich auch hier die bisher über die Wirkung des Ansatzrohres gefundenen Gesetze.

Noch wurden mit Löchern versehene, etwas längere Ansatzrohre probirt. Zunächst wurde das dreizollige Rohr mit 3 Löchern angesetzt. Das Mundstück gab jetzt, wie auch in den letzten Versuchen, nur noch Töne des hohen Registers. Standen alle 3 Löcher offen, so war der Ton bei schwachem Anspruch cis^3, liess sich aber crescendo ohne Sprung nach b^2 herunterziehen. Durch Decken des 1. Lochs erschien as^2, durch Decken des 1. und 2. fis^2, aller 3 ein Ton zwischen e^2 und f^2. Es wurde nun noch ein ähnliches Pfeifstück mit 3 Löchern, das ein wenig weiter war, angesetzt. Dieses vertiefte in noch mehr abnehmender Progression zusammen nur um 1 volle Stufe, so dass der Ton bis d^2 kam. Das Ansatzrohr war jetzt $5^1/_2$″ lang. Bei $6^1/_2$″ blieb derselbe Ton; bei $7^1/_2$″ war kein Ton möglich; bei 9″ sprang er nach g^2, und bei 13″ fiel er wieder nach d^2. Also Tonumfang von ziemlich 1 Oktave.



Die Grundstimmung der beiden Bänder war nach allen diesen Versuchen unverändert geblieben, wie ich mich durch Nachversuch per tubulum überzeugte ($f^1 : b^1$).

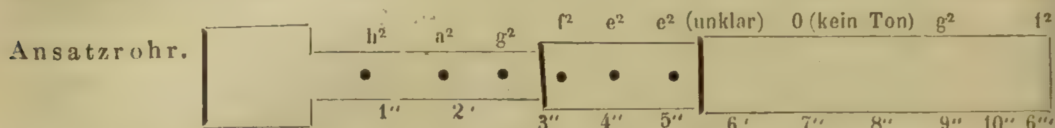
*) Der Apparat war jetzt so beschaffen, wie vorhin, als er den Grundton h^1 angab, und hatte die Länge von $2^1/_2$″ (Ansatzrohr).

Jetzt gab ich den Bändern gleiche Stimmung in g^1.

Das Mundstück gab isolirt angeblasen keinen Ton.

Ist dies der Fall, so ist auch in der Regel das Grundregister nicht möglich: so auch hier.

Ansatzrohr.



Bei weiterer Verlängerung war kein Ton mehr möglich.

Windrohr.	3' —	=	a^2, g^2 oder e^2, je nach dem verschiedenen Anspruch.
" "	5'' 5'''	=	e^2, crescendo mit Interferenzoktave e^1.
" "	7' —	=	d^2, oft mit Vorton a^2.
" "	8'' 3'''	=	d^2.
" "	11'' 5'''	=	f^2, Sprung.
" "	12'' —	=	fis^2, (desgl.) dieses fis^2 bleibt auch noch bei Verlängerung bis 18'

Bevor ich zum Einflusse der Kombination von Wind- und Ansatzrohr übergehe, füge ich den bisherigen noch einige Versuche bei, wo ich mit Setzstücken des

Waldhorns

als Ansatzrohrs operirte. Diese Versuche lagen sehr nahe, da offenbar bei allen diesen Zungenapparaten das Ansatzrohr, namentlich, wenn es eine gewisse Länge überschreitet, dem Rohre des Waldhorns sich sehr analog verhält, und da zu erwarten stand, dass durch dergleichen Vergleichungen sowohl die Theorie der elastischen Doppelzungen, als auch die des Waldhorns einige Aufklärung erhalten werde.

Die ersten Versuche dieser Art stellte ich so an, dass ich über ein Hornmundstück zwei schmale Bänder aus vulkanisirtem Kautschuk spannte, und die beiderseits noch gebliebenen Oeffnungen mit einem gefensterten Stück Wachsleinewand bedeckte, das um den Rand gezogen und unterhalb desselben festgebunden wurde.

Das so vorgerichtete Mundstück gab den Blaston es^2. An das erste 19'' lange Setzstück gesteckt, gab es den Ton c^2, 1 kleine Tertie tiefer. Bei Piano Anspruch erschien ein Vorton f^2. Wurde noch ein kürzeres Setzstück angefügt, so dass das ganze Ansatzrohr etwa 30'' Länge hatte, so blieb der Ton c^2, fiel aber leicht nach e^2 oder es^2 zurück. Wurde durch ein 3. Setzstück das Rohr bis auf 48—49'' Länge gebracht, so erschienen die Töne h^1—d^2.

Gab das Mundstück den Blaston f^2 oder fis^2, und wurde es in das volle D-Horn gesteckt, so erniedrigte sich der Ton nur um 1 Stufe, ebenso wenn ich bei festgehaltener Lippenspannung das isolirte (bänderfreie) Mundstück in das Horn steckte. Um 2 Stufen vertiefte sich dagegen ein solcher Mundstückton, wenn ich es in das tiefe C-Horn steckte, dessen Rohrlänge freilich weit grösser ist.

Was wir anderwärts an Mundstücken oft beobachtet haben, dass sie erst dann einen Blaston geben, wenn ein Ansatzrohr angefügt wurde, das beobachtete ich auch hier. Wenn ich die gefensterte Leinewand abnahm, und das mit den beiden Bändern versehene Mundstück durch einen Mundmechanismus zu intoniren versuchte, der ohne Ansatzrohr keinen Ton gab, so erschien ein Ton, wenn jenes in das Horn gesteckt wurde. Wir kommen auf diese Beobachtung weiter unten zurück.

Später nahm ich das bekannte kurze Mundstück mit den 9''' langen Bändern. Bei Fixirung der Aussenkanten gab es den gemeinschaftlichen Röhrenton c^1. Der Blaston e^2 erschien, wenn ein kurzes Ansatzrohr und an dieses das Hornmundstück, die weite Mündung voran, angefügt wurde, so dass das ganze Ansatzrohr 3' 3''' lang war. Wurde nun das erste Setzstück von 19'' angesetzt, so blieb bei

Piano-Anspruch der Ton e^2, sprang aber crescendo nach h^1 als Vollton. Wurde das zweite kürzere Setzstück dazu gefügt, so erschien abermals piano e^2, nur lauter, als vorhin, crescendo auch nach h^1 umsetzend. Bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs sprach der Ton ebenso wenig mehr an, als bei gleicher Rohrlänge bei den frühern Versuchen.

Ganz anders verhielt sich die Sache, wenn das Hornmundstück direkt als Bändermundstück benutzt und mit den Hornsetzstücken angeblasen wurde.

Diesmal nahm ich 2 breitere (4‴) Bänder, die ich um die weite Apertur des Hornmundstücks spannte und unter dessen Rande festband. Der Röhrenton beider betrug d^1. Der Blaston des isolirten Mundstücks von vorn as^2, von hinten g^2, laut und voll. Bei starkem Anspruch wurden beide Töne oft von der (jedoch nicht sehr hervortretenden) tiefen Interferenzoktave begleitet.

Es wurden nun diverse Setzstücke angefügt. Hier zeigte sich gegen die frühern Versuche der auffallende Unterschied, dass durch Verlängerung des Ansatzrohrs über 4′ die Tonbildung nicht aufgehoben wurde, dass sich überhaupt die Tonerzeugung hier ebenso verhielt, wie beim blossen Mundlippenanspruch des gewöhnlichen Hornblasens. Ausserdem war die Vertiefung durch dergleichen verhältnissmässig lange Ansätze eine sehr einseitige, während der Einfluss auf die Registrirung mehr hervortrat, wie folgende Versuche zeigen werden.

Durch das erste Setzstück (19″ P. oder fast 1 Leipz. Elle lang) fiel der Ton as^2 bis auf c^2, also um eine kleine Sexte. Bei leisem Anspruch erschien auch hier ein höherer, doch den Primärton noch nicht erreichender Vorton f^2. Nach Anfügung des kürzern Zwischenstücks (von 17″ Leipz.) blieb c^2 als Vollton, der Vorton war aber um $1/2$ Stufe gefallen $= e^2$. Wurde statt dieses ein anderes etwas längeres Zwischenstück von 21″ Länge genommen, so fiel der Piano-Vorton auf d^2, wurde dabei gleichsam selbständiger und liess sich besser halten; crescendo ging er in den Vollton b^1 über, das sich auch zuweilen dem d^2 als Interferenzton beimischte. Wurden endlich alle 3 Setzstücke zusammen als Ansatzrohr gebraucht, so erschienen 3 Töne, piano der Vorton f^2, crescendo und als Haupt- oder Vollton d^2, und h^1 oder b^1 dem vorigen d^2 entweder als schnarrender oder zerrissener Interferenzton sich beigesellend, zuweilen aber auch isolirt, und dann rein oder zusammenhängend erscheinend. Oft erscheinen diese drei Töne beim Blasen hintereinander, in der Ordnung f^2, d^2, h^1.

Der Röhrenton der Bänder war jetzt cis^1, der Blaston am isolirten Mundstück g^2. Es wurde das 4. Setzstück (fast $2^1/_2$ Leipz. Ellen, oder gerade so lang, als die 3 ersten zusammen) als Ansatzrohr benutzt. Bei Piano-Anspruch erschien e^2, das sofort nach c^2 als Hauptton übersprang, welcher crescendo mit der Interferenzoktave c^1 und oft noch mit dem Zwischenton a^1 begleitet wurde: in Summa 4 Töne, und zwar im a-Mollakkord.

Die Tonerscheinungen, die beim 5. und längsten (ziemlich 5 Leipz. Ellen) Setzstück stattfanden, waren den vorigen ähnlich, und lassen sich geradezu durch Notirung am deutlichsten machen.



Wurde das Mundstück ins volle A-Horn gesteckt, so erschienen in ähnlicher Weise die Töne f^2, es^2, d^2. Der Anspruch war schwierig, die Töne jedoch gut. Bei Wiederholung stellte sich meist es^2 als bleibender Ton heraus.

Wurde endlich das Mundstück ins volle G-Horn gesteckt, so wurde f^2 gewöhnlich der haltbare Ton, zuweilen auch e^2 oder d^2.

Wiederholung. Bänderton mit Röhrenanspruch $= fis^2$ (das eine Band zog sich während der Versuche nach f^1).

Blaston ohne Ansatzrohr: b^1 mit b^2 gemischt, ohne dass man sagen konnte, welcher von beiden der Interferenzton sei.

Mit einem engen Ansatzrohr von $2\frac{1}{2}''$ es^2—e^2.
Mit dem 1. Setzstück fis^2 (Vorton) cis^2 Vollton.
„ „ 1. und 2. Setzstück f^2 (Vorton) c^2 Vollton.
„ „ 1. „ 3. „ „ e^2 als Haupton, ein 2. nicht zu
„ „ 1., 2. und 3. „ „ es^2 erhalten.
„ „ 4. Setzstück d^2 ebenso, bei Piano ein Vorton f^2.
„ „ 5. „ „ d^2 „ Piano Vorton e^2.

Versuche, die Bänder in a^1 zu stimmen, um eine Uebereinstimmung ihres Grundtones mit dem der Hornsetzstücke, die meistens a als Cylinderton hatten, gelangen leider nicht.

Zur bessern Beurtheilung dieser Versuche untersuchte ich noch die gebrauchten Setzstücke auf ihren Eigen- oder Cylinderton. Das erste vom engsten Kaliber und von 19″ P. oder 23″ Leipz. Länge gab als Cylinderpfeife ungedeckt angeblasen den Grundton d^1, crescendo d^2, a^2, d^3, fis^3 u. s. w.

Das 1. und 2. zusammen, 1 Elle 15 Zoll, Grundton fis, crescendo fis^1, cis^2, fis^2 u. s. w.

Das 1. und 3. zusammen: Grundton e, crescendo e^1, h^1, e^2, gis^2 u. s. w.

Das 1., 2. und 3. zusammen (2 Ellen 9 Zoll): Grundton H (freilich durch den Mundanspruch nicht zu erhalten), wohl aber h, fis^1, h^1, dis^2 u. s. w.

Das 4. Setzstück (auch 2 Ellen 9 Zoll) gab auch H u. s. w.; das 5. (noch einmal so lange) H_1 u. s. w. Begreiflicher Weise sind diese tiefen Grundtöne durch blossen Mundlippenanspruch nicht zu erhalten, ebenso wenig wie am A-Horn der Grundton A_1 mittels des gewöhnlichen Mundstücks zu erhalten ist. Der tiefste Ton, den ich auf dem A-Horn hervorbringe, ist E—F, dann folgt A, e, a u. s. w.

Weiter untersuchte ich die einzelnen Setzstücke mittels des gewöhnlichen, der Wirkung der elastischen Zungen am nächsten kommenden Mundanstückspruchs. Das 5. (längste von 5 Ellen) schien den Grundton A_1 ($\frac{1}{2}$ Stufe tiefer als beim Mundanspruch ohne Mundstück) zu haben, welcher jedoch durch den Anspruch nicht zu erhalten war, wohl aber die nächsten und weitern höhern Töne, und zwar in folgender Ordnung: E, Fis, Gis, A, e, a, e^1, a^1, cis^2, e^2, g^2, a^2 u. s. w. wie beim vollen A-Horn, dessen Länge mit diesem Setzstück, das eben zur Verdoppelung der Hornlänge und Vertiefung des Tones um 1 Oktave verwendet wird, wenigstens theoretisch übereinstimmt.

Das 4. Setzstück, obwohl nur halb so lang, als das vorige, gab auffallender Weise so ziemlich dieselben Töne, nämlich E, Fis, Gis, A, e, a, e^1, a^1, cis^2, e^2, g^2; also a-Dur.

Das 1. Setzstück mit den beiden Zwischenstücken verbunden ganz ebenso, also wieder a-Dur.

Das 1. Setzstück mit dem längern Zwischenstück ging aus c-Dur, brachte E, F, G, c, g, c^1, g^1, c^2, e^2.

Das 1. Setzstück mit dem kürzern Zwischenstück ging wieder aus a-Dur, gab E, Fis, Gis, A, a, cis^1, a^1 und noch ein (irreguläres) Intervall darüber, dis^2—e^2. Es waren hier von den zwischen den Oktaven liegenden Intervallen nicht die Quinten zu erhalten, sondern die grosse Tertie.

Das 1. Setzstück allein endlich ging wieder aus a-Dur. Es waren hier in absteigender Folge die Töne möglich e^2, a^1, e^1, a, e, d, cis, H, A, Gis, Fis, E.

Zur Vervollständigung dieser Versuche war es noch unerlässlich, kürzere Ansatzrohre zu versuchen, um zu erfahren, bei welcher Länge die Sprünge beginnen. Dabei gebrauchte ich die Vorsicht, das Ansatzrohr eng genug zu nehmen, d. h. ungefähr von demselben Kaliber, als das der ersten Partie der Hornsetzstücke beträgt, und das Rohr allmälig etwas weiter zu nehmen. Bei einem so zugerichteten Ansatzrohr von 10″ P., das also etwa halb so lang, als das erste Hornsetzstück war, konnte ich etwa in einem Umfange von 2 Oktaven alle Töne der Reihe nach erhalten, ungefähr von E bis e^1, weiter hinauf fingen die Töne an zu springen, und gewöhnlich konnte ich nur noch h^1, d^2 oder dis^2 und e^2 erhalten. Bei einem Ansatzrohre von 5″ fand kein solches Springen statt, ich vermochte alle Töne, die mir möglich waren, nach der Reihe zu produciren. Bei einem Ansatzrohre von 15″ sprang der Ton, wenn ich mit b^1, das oft schon vom Interferenztone b begleitet wurde, einsetzte, und dann herabzugehen suchte, schon

bei as¹ sofort nach b herab. Von diesem b an konnte ich stufenweise weiter gehen bis E. Von b¹ aufwärts gelang nur die Quinte f², und wohl wäre auch die höhere Oktave b² noch möglich gewesen.

Wir stellen die Ergebnisse dieser verschiedenen Versuche am Waldhorn zur bessern Uebersicht und Vergleichung in einer Tabelle (S. 470) zusammen.

Wir entnehmen diesen Versuchen vorläufig folgende Resultate.

1) Während der Cylinderton einer in eine cylindrische Röhre eingeschlossenen, ungedeckten Luftsäule mit Zunahme der Länge derselben sich progressiv vertieft, wird ein an der einen Apertur einer solchen Röhre erzeugter Bänder- oder Zungenton, nachdem er durch die erste Abtheilung des Ansatzrohrs bis zu einem gewissen Maximum, d. h. um eine Sexte oder Septime vertieft worden ist, durch weitere Verlängerung des Rohrs weder auf den Primärton oder in dessen Nähe sprungweise zurückgebracht, noch sonderlich weiter vertieft, sondern er verhält sich mit wenig Modifikationen auf der Stufe der primären Vertiefung.

2) Meist sind bei Piano-Anspruch ein oder mehrere Vortöne zu erhalten, welche eine oder einige Stufen höher liegen, als der Haupt- oder Vollton, ebenso wie wir Aehnliches bereits bei den vorhergehenden Versuchen beobachtet haben. Desgleichen kommen Neben- oder Wechseltöne vor, die auch vom Haupttone nicht weit entfernt liegen, und wohl von Modifikationen des Anspruchs herrühren, endlich Interferenztöne, die 1 Oktave tiefer liegen und nach der früher gegebenen Theorie zu erklären sind.

3) Je länger das Ansatzrohr, desto voller und weittragender wird der Ton.

4) Bei gleichbleibender Bänderspannung schwanken die sämmtlichen durch Modificirung der Ansatzrohrlänge zu erhaltenden Tonstufungen nur innerhalb eines Intervalls von einer Tertie oder Quarte.

5) Wenn sich das Mundstück nicht sofort, wie beim Horne, konisch verengt, und das Ansatzrohr mit dieser Verengung, die nur sehr allmälig in einige Erweiterung übergehen darf, sich fortsetzt, so versagen die Töne, nachdem eine gewisse Länge des Ansatzrohrs erreicht ist.

6) Wenn der Zungenanspruch mittels der Mundlippen bewirkt wird, und diese ihre Spannung und ihre Oeffnung verändern, so ist es im Allgemeinen für die Tonstufung gleich, ob das Ansatzrohr lang oder kurz ist. Aber etwa vom 10. Zoll der Länge desselben an ist es nicht mehr möglich, alle Töne der Reihe nach mittels verschiedenes Mundanspruchs zu erzielen, und es beginnen von dieser Länge an die sogenannten Sprünge. Je länger das Rohr, desto mehr breiten sich dieselben über den überhaupt möglichen Tonbereich aus. Anfangs, bei noch sehr kurzem Rohr, erstrecken sich dieselben bloss auf die Töne der hohen, d. h. dritten Oktave, bei wachsender Rohrlänge auch auf die 2. oder mittlere, und bei 40 Zoll und darüber bleiben nur noch einige Töne der ersten tiefen Oktave übrig, welche hinter einander ohne Sprung angegeben werden können. Bei den gewöhnlichen Setzstücken des Horns herrscht die Tonart a-Dur vor.

7) Demnach ist das Horn (und andere Messingblasinstrumente) durchaus nicht in dem Sinne, wie die Labialpfeifen und Flöten, als ein sogenanntes füssiges Instrument zu betrachten, dessen Grundton mit der Zahl der Fusse, welche seine Länge hat, an Tiefe zunimmt. Man kann auf einem blossen Setzstück ebenso tiefe Töne mittels Anspruchs durch ein Mundstück von gewisser Mensur erzeugen, wie auf dem vollen Horn, nur das Timbre und die übrigen Eigenschaften der Töne, so wie die gegenseitige Lage (Tonart)

Länge.	Cylinderton.	Bänderton.	Bänderton, neue Stimmung.	Bänderton, Holzmundstück.
Mundstück $1\frac{1}{2}$'' P.	e^2	Röhrenton d^1 . . . . Blaston as^2	fis^1 — f^1 . . . . $b^2 + b^1$	c^1 e^2 (mit kurzem Ansatzrohr nebst dem Hornmundstück.
Mit Ansatzrohr $2\frac{1}{2}$'' „	— —	— — —	e^2 — es^2	
„ Setzstück 1. 23'' L.	d^1 Grundton	„ „ c^2, Vorton, f^2, schwach .	cis^2 Vollton, fis^2 Vorton, schwach	h^1 Vollton, e^2 Vorton p.
„ „ 1. und 2. 40'' „	fis „ „	„ „ c^2, „ „ e^2, „ .	e^2 Vollton, f^2 Vorton, schwach	h^1 „ „ e^2 „ „ „
„ „ 1. und 3. 43'' „	e „ „	„ „ b^1, „ „ d^2, lauter . .	e^2 } Hauptton, ein 2. nicht zu erhalten . . .	
„ „ 1., 2., 3. 58'' „	H „ „	„ „ d^2, als vollster, b^1, als Neben- oder Wechselton, f^2, als Vorton	es^2 }	Sprach nicht mehr an.
„ „ 4. 58'' „	H „ „	„ „ c^2, Hauptton, e^2, Vorton. (Die Stimmung der Bänder $\frac{1}{2}$ Stufe herunter gegangen) c^1 und a^1 oft als Nebentöne.	d^2, ebenso, Piano-Vorton f^2	
„ „ 5. 5 Ellen	H_1 „ „	„ „ c^2 Hauptton, f^2, e^2, d^2 als Vortöne, c^1 crescendo als Nebenton beitretend. . .	d^2, ebenso, Piano-Vorton e^2	
Ganzes A-Horn.	A_1	es^2, Vorton f^2, Wechselton d^2		
„ G-Horn.	G_1	f^2, e^2, d^2, wechselnd. Ersterer am haltbarsten		

Es würden nun noch Versuche anzustellen sein, wo der Bänderton mit dem Cylinderton in Uebereinstimmung gebracht worden ist.

Mundanspruchtöne.

Mundstück $2\frac{1}{4}$'' P.	A bis a^2, ohne Sprünge.	Ansatzrohr 40'' L.	E bis A, a, cis^1, a^1, dis^2 oder e^2. Tonart, wie es scheint, ein verstümmeltes d-Dur.
Ansatzrohr 5''	E „ e^2 desgleichen. } Tonart noch unentwickelt.		
„ „ 10''	E „ e^1 desgl. von e^1 an nur h^1, d^2 u. e^1 }	„ „ 43''	E, F, G, c, g, c^1, g^1, c^2, e^2. Tonart c-Dur, normal.
„ „ 15''	E „ b desgl., dann Sprung nach as^1, b^1, f^2, b^2. }	„ „ 58''	E—A, e, a, e^1, a^1, cis^2, e^2, g^2. Tonart a-Dur.
„ „ 19'' (23 L.)	E „ e desgl., dann Sprung nach a, e^1, a^1, e^2. Tonart a-Dur.	„ „ 5 Ellen	E—A, e, a, e^1, a^1, cis^2, e^2, g^2, a^2. Desgleichen.

derselben ändert sich, nicht die absolute Tonlage des ganzen Instruments, mit Verlängerung des Ansatzrohrs. Dass auch nicht allemal längere Setzstücke die Tonart in eine tiefere Lage bringen, als kürzere, beweisen folgende Versuche, die ich mit meinem Waldhorn (welches aus A-Dur geht) anstellte.

Mit dem ersten Setzstücke (19″) gab es die Tonfolge von A-Dur. Dieselbe Tonart blieb, als ich an das nackte (des ersten Setz- oder Anspruchsstückes beraubte) Horn ein hölzernes nur 3″ langes Rohr, nur um das Mundstück anbringen zu können, setzte. Mit dem mittleren 2 Ellen 9 Zoll langen Setzstück fiel die Tonart auf F-Dur, also um 2 Stufen. Mit dem längsten, 5 Ellen langen Setzstück versehen ging das Horn aus G-Dur, also gar eine Stufe höher, als mit dem vorigen kaum halb so langen Setzstück

8) Dennoch muss die Rohrlänge der Messingblasinstrumente mit der Schwingungszahl des Grundtons, den sie geben sollen, in umgekehrtem Verhältniss genommen werden, aber nur unter der Bedingung, dass der Durchmesser der Mundstücksapertur in entsprechendem Verhältniss, wie die Rohrlänge, zunimmt. Die Länge der Zungen bestimmt zunächst die Schwingungszahl des Grundtons, nicht die Länge des Rohrs; aber damit die durch letzteres erzielbaren Knotentöne gehörig erscheinen und überhaupt eine volle Konsonanz zwischen Zungen- und Cylinderton eintreten könne, muss dem Ansatzrohr eine Länge gegeben werden, die dem tiefsten, mittels der als Zungen wirkenden Lippen des Bläsers auf dem Mundstücke erzeugbaren Tone proportional ist.

Wir beschliessen diesen Abschnitt mit einigen Versuchen, welche ich mit Apparaten, die sowohl mit W i n d- als auch mit A n s a t z r o h r g l e i c h z e i t i g versehen waren, anstellte*) Die Resultate derselben weichen von den, welche M ü l l e r erhielt, auffallend ab.

1) a. Das P e t s c h a f t, mit einem breiten Bande von 14‴ Länge, wie früher; die eine Kante dem Rahmen aufliegend und fixirt, gegen die andere eine Holzplatte behufs der Stimmritzenbildung angeschoben. Der Blaston war h^1, und liess sich durch hinten angesteckte Rohransätze von resp. $2\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2}$″ auf a^1—f^1 vertiefen, mochte dieser Apparat als Wind- oder als Ansatzrohr angeblasen werden. Wurde von der andern Seite ein sich abwärts mässig verengendes Rohr von mehreren Zollen Länge und hinlänglicher Weite angesetzt, so änderten sich die erwähnten Tonstufen durchaus nicht ab, es mochte das Rohr verlängert und gleichzeitig verengt werden, so viel ich wollte — b. Dasselbe Petschaft wurde nun mit 2 Bändern von 4‴ Breite bespannt, und die Glottis eng genug gemacht, um das hohe Register zu erzeugen. Der Blaston betrug f^2, bei Anfügung eines Ansatzrohrs von 2″ 4‴ es^2, von $5\frac{1}{2}$″ des^2. Wurde dem Mundstück ein Glastrichter, der etwa $2\frac{1}{2}$″ Axenlänge hatte und in einen 2‴ weiten Kanal sich auszog, vorgesetzt, so wurde dadurch der Ton im 1. Falle um $\frac{1}{2}$, in beiden letztern je um 1 Stufe e r h ö h t. Vorsatzrohre, wie im vorigen Versuche, änderten den Ton fast gar nicht. Nur bei $5\frac{1}{2}$″ Ansatzrohr erschien mittels eines sich anfangs mässig, dann rasch sich verengenden Windrohrs von 4″ eine $\frac{1}{2}$ Stufe betragende Erhöhung.

2) Das k l e i n e M u n d s t ü c k von 9‴ Durchmesser; zwei Bänder mit je 2 Nadeln fixirt. Der Röhrenton betrug fis^1 und a^1; später wurden die Bänder gleich in fis^1 gestimmt, auf welche Veränderung sich die letzten Versuche, sowie die in Klammern eingeschlossenen Tonangaben beziehen.

Der Blaston betrug bei $5\frac{1}{2}$″ Windrohr h^1. Doch erschien dieser, wie es scheint, dem Grundregister angehörige Ton nur bei dem ersten Versuche, weiterhin kam der Ton a^1, als Interferenzton, zum Vorschein, den Vollton d^2 begleitend, welcher jedoch auch oft allein, ohne Beiton zu erhalten war. Derselbe Ton erschien, gewöhnlich mit der tiefen Interferenzoktave d^1 begleitet, wenn der Apparat herumgedreht als Ansatzrohr angesprochen wurde. Wurde dasselbe auf 3″ verkürzt, so erhöhte sich der Ton auf g^2, und durch weitere Verkürzung bis $1\frac{1}{2}$″ auf a^2.

---

*) Aus den bisherigen Versuchen gehört bereits der S. 461 (s. die Note) hierher.

Jetzt wurde dem so beschaffenen Apparate (Mundstück mit $5\frac{1}{2}''$ Rohransatz) noch von der andern Seite ein Rohransatz beigegeben. Dieser musste natürlich verhältnissmässig weiter, als der vorige sein: ich nahm, um sofort bessere Wirkung zu erhalten, ein sich konisch verengendes Rohrstück, in dessen weitere Apertur das mit seinem engern Rohransatz versehene Mundstück luftdicht eingesetzt wurde. Das überragende Stück dieses neuen Ansatzes war 1″ lang. Wurde dasselbe als Windrohr angeblasen, so war keine Veränderung in der Tonstufe zu bemerken, sie blieb d^2 (c^2), der Ton wurde nur voller. Wurde noch ein Rohr von 4″ angesetzt, so dass das Windrohr auf 5″ kam, und beiläufig fast dieselbe Länge hatte, wie das Ansatzrohr, so trat eine Erhöhung der Tonstufe ein, und zwar um 1 Stufe = e^2 (d^2), welcher Ton später oft mit dem Interferenztone a^1, zuweilen mit d^1, begleitet wurde.

Dasselbe Resultat, was die gedachte Röhre von 4″, hatte der kelchförmig sich verengende Ohrspiegel, welcher, dem ersten Windrohrstück von 1″ aufgesetzt, gleichfalls eine Erhöhung auf e^2 bewirkte.

Wurde dagegen dieser Ohrspiegel unmittelbar über das Mundstück geschoben und seine enge Apertur angeblasen, so stieg der Ton bis fis^2 oder g^2.

Wurde nun der ganze Apparat umgedreht, so dass das bisherige Ansatzrohr zum Windrohr, dieses zum Ansatzrohr gemacht wurde, so fielen die Tonphänomene so ziemlich ebenso aus, wofern der Anspruch ohne Beiwirkung seitlicher Ritzen gelang.

Wurde das Instrument wieder, wie vorhin gehandhabt, das obige Windrohr von 5″ Länge hergestellt, und das Ansatzrohr um weitere $5\frac{1}{2}''$ verlängert, so stieg der Ton gleichfalls um 1 grosse Tertie, er kam von d^2 auf fis^2.

Noch weitere Verlängerung des Ansatzrohrs (Windrohrlänge unverändert) bis auf 20″ erhöhte den Ton noch mehr, bis g^2, welches aber bald in den unreinen tiefern Ton d^2 zurückfiel. Weitere Rohransätze würden wahrscheinlich dies d^2 wieder erhöht haben. Dieses Erhöhungsmaximum betrug also ebenso viel, als der Ton, welcher durch ein blosses Ansatzrohr von 3″ erhalten wurde.

3) Wiederholung. Die Bänder mit je 4 Nadeln fixirt. Stimmung in f^1 und g^1.

Der Blaston war mit dem $5\frac{1}{2}''$ langen hinten eingesetzten Ansatzrohr wieder d^2, crescendo mit der Interferenzoktave d^1 begleitet. Umgekehrt als Windrohr angesprochen dis^2, ohne Nebenton.

Die Beigabe des vorderen Ansatzrohrs von 1″ Länge, wie im vorigen Versuche, bewirkte keine Aenderung der Tonstufe. Auf 5″ Länge gebracht bewirkte es, als Windrohr angesprochen, eine Erhöhung von $\frac{2}{3}$ Stufe. Der Ohrspiegel hatte in beiden gedachten Fällen wiederum genau dieselbe Wirkung, wie im vorigen Versuche; d. h. er erhöhte, unmittelbar dem Mundstück aufgesetzt, um 1 Tertie.

Wurde der Apparat umgekehrt, so erschienen dieselben Tonphänomene, aber $\frac{1}{2}$ Stufe höher. Bei 5″ Vorsatzrohr (als Ansatzrohr fungirend) war der Ton e^2, aber bei stärkerem Blasen mit dem (ziemlich kontinuirlichen) Nebenton g^1 begleitet.

Wurde das Vorsatzrohr um etwa 1″ verlängert, so erhöhte sich der Ton um $\frac{1}{2}$ Stufe, wurde also f^2, wobei auch ein um 1 Quinte tieferer, diesmal unreiner Neben- oder Interferenzton als Begleiter kam.

Wurde das Vorsatzrohr auf 11″ verlängert, so fiel der Ton auf d^2 zurück.

4) Dasselbe kleine Mundstück. Stimmung der Bänder (von der vorigen Sorte) a^1 und b^1. Blastöne (von vorn) mit Rohransatz: 1″ b^2, 2″ gis^2, 3″ g^2, 4″ f^2, 5″ e^2, 6″ d^2, 8″ c^2, $9\frac{1}{2}''$ null, 11″ g^2, 13″ f^2 u. s. w. Bei Ansatzrohr von 6″ wurden nun Vorsätze (als Windrohr oder Anspruchsrohre) angefügt. Bei 1″ blieb d^2; bei $2\frac{1}{2}''$ war der Ton auf g^2, also um eine Quarte gestiegen, von da an fiel er: bei 3″ auf fis^2, 4″ f^2, 5″ e^2, $7\frac{1}{2}''$ (und mehr) auf d^2 zurück. — Wurde jetzt der Ohrspiegel dem ersten Vorsatzstück von 1″ angefügt, so war der Ton e^2, eine Stufe erhöht; unmittelbar dem Mundstück vorgesetzt g^2, wie beim Vorsatzrohr von $2\frac{1}{2}''$; also eine Erhöhung von einer Quarte. Der Apparat jetzt umgekehrt angesprochen gab den Ton a^2. Ansatzrohr 7″ 2‴ (ohne Windrohr) giebt von vorn und hinten auch d^2, mit Ohrspiegel von vorn g^2, von hinten a^2, 1 Quinte Erhöhung. Ansatzrohr 8″ allein gab c^2, gleichzeitig Vorsatzrohr von $2\frac{1}{2}''$ (vorhin g^2) giebt, als Windrohr angesprochen jetzt b^2, ebenso wenn der Ohrspiegel, unmittelbar dem Mundstück angesetzt, direkt angeblasen wurde. Es war also durch Verlängerung des Ansatzrohrs um 2 Zoll der Ton um eine kleine Tertie, und überhaupt so weit erhöht worden, als 1″ alleinigem Ansatzrohr entsprach. Dieser Apparat umgedreht angesprochen gab keinen Ton. Wurde das Ansatzrohr nur zu

3" genommen und gleichzeitig ein Vorsatzrohr von gleicher Länge, so erschien bei Vornanspruch sowohl als Hintanspruch as², also ½ Ton höher, als ohne Vorsatzrohr.

Wurde bei 3" Ansatzrohr der Ohrspiegel dem Mundstück direkt angesteckt und derselbe als Windrohr angeblasen, so erschien piano ein Ton, welcher eine volle Stufe höher lag, als der, den dieser Apparat ohne Ohrspiegel angeblasen gab, aber crescendo fiel jener Ton in den letztern Ton, der dann voll und laut war, zurück.

5) Wurde dem Mundstück, nachdem die Aussenkanten der Bänder mit mehr Nadeln fixirt worden waren, der Ohrspiegel vorgesteckt, und dasselbe ohne Windrohr angeblasen, so war, was ohne vorgesetzten Ohrspiegel nicht gelang, ein Blaston möglich: er war a¹, dumpf, wie aus der Ferne kommend, und von einem Timbre, als wäre er aus a¹ und a² gemischt. Dass es aber wirklich der Grundton a¹ war, erhellte daraus, dass durch Ansetzen von Windrohren beliebiger Länge dieser Ton nicht verändert wurde. (Doch erschien bei 5—6" Windrohr nach Wegnahme des Vorsatzes dieses a¹ bei *mf* nur noch als Interferenzton, den höhern Ton e² begleitend, welcher bei starkem Anspruch allein und rein erschien, und bei Verlängerung des Rohrs weiter vertieft wurde, wie oben.)

6) Um die räumlichen Einflüsse des erhöhenden Vorsatzstücks genauer zu erforschen, modificirte ich dasselbe noch mehr. Das Ansatzrohr blieb dabei immer dasselbe, von 5½" Länge, wobei der Apparat den Ton es² gab, von vorn wie von hinten. Derselbe Ton blieb bei Vorsatz von 1" (dem frühern). Die äussere Apertur dieses Vorsatzstücks war 7½''' im Durchmesser. Darangesetzt ein Stück von gleichfalls 12''' Länge, Kanal von 7''' auf 5''' sich verengend, änderte den Ton auch nicht. Der Anspruch war hier von hinten leichter als von vorn. Wurde aber die Apertur dieses Vorsatzstücks mit den Lippen verengt, so erschien mit andrem Timbre g² oder a². Wurde noch ein ziemlich gleichweites (5½''') elastisches Rohrstück von 2" 2''' angesetzt, so stieg der Ton auf e² + ¼ bei Vorn-, auf fis² bei Hintanspruch. Ziemlich gleiche Wirkung hatte der Aufsatz des Hornmundstücks oder des Ohrspiegels auf das erste Rohrstück von 1"; von vorn kam e², von hinten f². Wurde dem erstem Stück ein neues von 1½" Länge und von 6''' auf 4''' abnehmender Weite angesetzt, so stieg der Ton bei Vornanspruch auf g², bei Hintanspruch wollte der Ton nicht gelingen. Auch bei 1" + 2" 5''' (elastisches Rohr) erschien g², sowohl von vorn, als von hinten (hier aber schwierig). Am auffallendsten war die Wirkung, wenn auf das erste Vorsatzstück von 1" ein zweites gleichlanges mit engem Kanale von 3" Weite aufgesetzt wurde (nach Art der Rohrflötenwerke der Orgel). Hier erhöhte sich der Ton von es² auf f² bei Vornanspruch, bei Hintanspruch kam er noch ¼ Stufe höher; während ein nur 6—7''' langes, mit einem von 6 auf 4''' fallenden Kanal durchbohrtes Vorsatzstück nur um ½ Ton erhöhte.

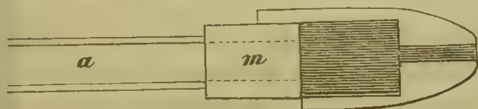


Fig. 138.

7) Dagegen gelingt bei sehr dünnen Bändern, welche überhaupt grosse Neigung haben, sich in das Grundregister zu stimmen, diese Wirkung des dem Ansatzrohr beigefügten Windrohrs nicht. Wenn ich dem schon früher benutzten kleinen, mit zwei solchen Bändern (Grundton g¹ und a¹) bespannten Apparate, der von vorn angeblasen e² angab, das sich durch Ansatzrohre fast nur registerweise (nach e³ oder a²) modificiren liess, bei schon vorhandenem Ansatzrohre von 4" 5''' Länge den bekannten Ohrspiegel als Windrohr vorsetzte, und mittels desselben den Apparat anblies, so entstand so gut wie keine Veränderung; der Ton schwankte zwischen d² und dis², je nach den zufälligen Modificationen, die bei diesem Anspruch stattfanden. Auch wenn dem Ohrspiegel noch ein enges Rohr angefügt wurde, ändert sich die Tonstufe nicht. Wurde das so vorgerichtete Instrument umgekehrt angesprochen, so dass das Windrohr zum Ansatzrohr wurde u. s. w., so erschienen, die Rohransätze mochten so lang sein wie sie wollten, wiederum, wie früher bei einfachem Windrohr, die Töne a¹ oder a², zuweilen auch e².

Demnach gaben diese Versuche ein den von **Müller** angestellten gerade entgegengesetztes Resultat, welches sich folgendermassen definiren lässt: Wenn durch einen in die hintere Apertur des Mundstücks gesteckten Rohransatz der Primärton hinlänglich starker Doppelbänder (der in beiden

letztern Versuchen als a^2 anzunehmen ist) auf eine gewisse Stufe (d^2) vertieft worden ist, so hat ein von der andern Seite dem Mundstück angefügter Rohransatz von gewisser Länge die Wirkung, diese Vertiefung wieder aufzuheben. Ist diese Wirkung so ziemlich erreicht, so fällt bei fernerer Verlängerung des zweiten Rohransatzes der Ton allmälig wieder in den primären Vertiefungston zurück.

Theoretische Bemerkungen über den Einfluss der Rohransätze auf die Zungentöne.

Die vorstehenden Versuche liegen zwar ihren Ergebnissen nach etwas bunt durcheinander, und ermangeln jedenfalls noch der wünschenswerthen Vollständigkeit, viele auch der nöthigen Genauigkeit und sogenannten Reinheit; indessen dürfen uns diese Mängel und Vorwürfe, welche übrigens wohl in gleichem Maasse und mit gleichem Rechte allen ähnlichen auf diesem widerspenstigen Gebiete bisher angestellten Versuchen gemacht werden können, nicht abhalten, schon jetzt einen Versuch zu machen, etwas Zusammenhang in das scheinbar Verworrene und Disparate zu bringen, und wenigstens etwas einer Theorie Aehnliches daraus abzuleiten zu suchen.

Wir fassen den Einfluss der Rohransätze auf die Zungentöne, wie bereits angedeutet, als einen vierfachen auf:

1) als einen den Anspruch überhaupt begünstigenden und selbst erst ermöglichenden;

2) als einen den bereits gegebenen Ton vertiefenden, wobei wir jedoch die Einzeltöne von den ganzen Tonreihen (Oktavengruppen oder Registern) besonders unterscheiden müssen;

3) als einen die Bildung von Neben- und Wechseltönen begünstigenden; und endlich

4) als einen die vorhandene Tonreihe erhöhenden oder die bereits bewirkte Vertiefung mehr oder weniger aufhebenden Einfluss.

Auf der andern Seite muss freilich auch gleichzeitig die Untersuchung so aufgefasst werden, dass man die Rohransätze als das Primum movens oder als das wesentlich Tönende betrachtet, das Zungenmundstück als das Modificirende; dass man wenigstens die Möglichkeit dieser Gegenseitigkeit nicht aus den Augen verliert.*)

1) Einfluss auf die Tonbildung überhaupt.

Wir haben bereits früher (zu Anfange des Abschnitts über die Doppelzungen) über den Einfluss der Rohransätze auf das Zustandekommen von Blastonschwingungen elastischer Doppelzungen gesprochen, und können uns hier auf das dort Gesagte beziehen. Die Wichtigkeit des (wenigstens kurzen) Windrohrs für die Tonbildung elastischer Mundstücke hat sich uns überhaupt im Verlaufe unserer Versuche so unwiderstehlich aufgedrungen, dass wir die meisten derselben gleich von vorn herein mit Hülfe eines kurzen 3—4'' langen Windrohrs angestellt und dabei weiter gar nicht untersucht haben, was wir für Resultate gewonnen haben würden, wenn wir ohne ein solches Windrohr (respektive Ansatzrohr) operirt hätten. Auch im weitern Verlaufe unserer Untersuchungen (mit unter einem Winkel gegen einander geneigten Bändern) werden wir noch mehreremale nachdrücklich an

*) Vergl. Rinne in Müller's Archiv 1850. 1. §. 14.

die grosse Bedeutung, welche die Rohransätze in dieser Beziehung haben, erinnert werden. Im Allgemeinen wird, wie wir wissen, der Tonanspruch eines sowohl ein- als auch zweilippigen Zungenapparats durch ein verhältnissmässig enges, gegen die Bandebene sich konisch erweiterndes Windrohr, also durch einen Windkessel, der etwa zweimal so lang ist, als die Glottis, zu Stande gebracht. Ebenso können Mundstücke, die für sich keinen Blaston geben, durch Anfügung eines kurzen Ansatzrohrs, das enger ist, als die Weite des Mundstücks, zum Tönen gebracht werden. Bei dem kleinen Mundstück mit 9‴ Glottislänge, dessen Kanal 10‴ lang war, genügte schon die Anfügung eines Ansatzrohrs von 1″ Länge, um die Tonbildung zu ermöglichen. Wir haben den bei kürzester Ansatz- oder Windrohrlänge zum Vorschein kommenden Ton den Primärton genannt, und von diesem aus ist immer die durch weitere Verlängerung der Rohransätze bewirkte Vertiefung zu berechnen. Bei allen den Versuchen, wo das Mundstück von Haus aus bereits mit einem Rohransatz, der muthmasslich länger war, als zur Tonerzeugung überhaupt erfordert wurde, ist daher der angegebene Ton immer etwas tiefer anzunehmen, als der eigentliche Primärton muthmasslich ausgefallen sein würde.

Es wäre nun eigentlich hier der Ort, eine Vergleichung des erst durch einen gewissen Rohransatz möglichen Schwingungmechanismus der elastischen Bänder mit den Tonphänomenen anzustellen, welche das Waldhorn und seine einzelnen Theile, so wie andere Blechinstrumente darbieten, wenn sie mit dem gewöhnlichen Lippenanspruch intonirt werden. Denn die Beobachtung lehrt, dass man mittels eines Mundlippenmechanismus, durch welchen man auf dem isolirten Hornmundstück keinen Ton erhält, sofort Töne erzielen kann, sobald an das Mundstück das Horn oder nur ein längeres Setzstück desselben angefügt worden ist. Es verhält sich hier das durch das Horn und seine Theile repräsentirte Ansatzrohr, wie der Cylinder bei den früher von uns erörterten gefassten Lochtönen, wenn der Obturator eben durch die bis auf ein gewisses Minimum verengte Oeffnung der der Apertur angedrückten Mundlippen repräsentirt wird. Da wir jedoch über die Tonphänomene der Mundlippen später umständlicher und im Zusammenhange sprechen werden, und da die Intonirung des Horns noch auf andere Weise durch die Mundlippen bewirkt werden kann, so verspare ich das, was über den berührten Gegenstand zu sagen ist, auf den folgenden Abschnitt dieses Werkes. Das Eine will ich nur hier noch erwähnen, dass die Möglichkeit, bei sehr weit gehender Verlängerung des Ansatzrohrs noch Töne zu erhalten, dadurch erreicht wird, dass das Mundstück, wie beim Horn und andern Blechinstrumenten, von der Bänderebene aus konisch sich verengt, und das Ansatzrohr von dieser Verengung aus mit gleichem Kaliber beginnt und sehr allmälig sich erweitert. Wo dagegen das Mundstück von der Bänderapertur aus erst ein Stück parallelwandig fortläuft, und dann in ein engeres Ansatzrohr übergeht, da hört die Möglichkeit der Tonbildung schon nach Erreichung einer nur mässigen Länge des Ansatzrohrs auf.

2) Tonvertiefung durch Rohransätze.

Die Tonvertiefung kann eine schrittweise oder eine sprungweise sein. Im erstern Falle wird der Primärton ebenso allmälig, in rascherem oder langsamerem Tempo, bis zu einem gewissen Maximum vertieft, als der Rohransatz an Länge, die aber gleichfalls nur eine relative ist, zunimmt. Dann

folgt der Rücksprung oder die relative Wiedererhöhung des Tons. Im andern Falle wird gewöhnlich der Ton seinem Zeichen oder Namen nach nicht geändert, wohl aber seiner Potenz oder Oktavenlage nach: er wird in die nächst tiefere Oktave versetzt, seine Schwingungszahl wird um die Hälfte vermindert. Auch diese Tonvertiefung ist keine fortschreitende, sondern eine mit Rückkehr in die Primäroktave alternirende. Im Allgemeinen ist also jede durch Rohransätze bewirkte Tonvertiefung eine zeitliche und relative, denn sie ist immer, nach Erreichung eines gewissen Grades, von Tonerhöhung oder Rückkehr zum Primärton gefolgt: wir müssen sie aber durchaus als eine selbstständige Erscheinung auffassen, da wir auch Fälle kennen gelernt haben, wo die Folge der Erscheinungen eine umgekehrte ist, wo durch Rohransatz ein gegebener Ton primär erhöht, und erst sekundär (schritt- oder sprungweise) wieder vertieft wird.

Als Bedingungen der Tonvertiefung durch Rohransätze haben wir folgende kennen gelernt. a) Röhrenanspruch: die Röhrentöne solcher Apparate, welche gleichzeitig Blastöne zu geben fähig sind, und deren Rahmenapertur eine gewisse Grösse nicht überschreitet, werden durch Ansatzrohre vertieft. b) Das hohe Register der Blastöne: das Grundregister derselben wird nur bei ein-, nicht bei zweilippigen Apparaten durch Rohransätze vertieft. Wenn jedoch der hohe Registerton noch vom Grundton (als Interferenzoktave) begleitet ist, so bewirken Rohransätze ebenfalls keine schrittweise Vertiefung, sondern nur Registerwechsel. c) Das tiefe An- und Einschlagregister, zunächst der einlippigen Apparate. d) Eine auf ein gewissses Minimum oder vielmehr Minus beschränkte Weite der Rohransätze. — Solche, deren Lumen dem Durchmesser des Mundstücks gleichkommt oder denselben noch übertrifft, haben nach meinen Versuchen keinen modificirenden Einfluss auf die Tonstufe. — Desgleichen wirken Rohransätze nicht vertiefend auf den Röhrenton, wenn die Glottiskante des Gegenlagers sich unmittelbar in die Wandung des Mundstückkanals fortsetzt, wohl aber, wenn das Gegenlager die Stimmbandebene noch ein Stück weit fortsetzt. — Die Pizzicato-Töne werden durch Rohransätze niemals vertieft.

Der Betrag des Vertiefungsmaximums war in den verschiedenen Fällen unsrer Beobachtung ein sehr verschiedener, und es lohnt sich wohl der Mühe, den Ursachen dieser Verschiedenheit nachzuforschen. Die Schwierigkeiten sind hier freilich sehr gross. Um den Betrag der Vertiefung für den einzelnen Fall genau zu berechnen, muss man vor allen Dingen wissen, welches der Primärton sei, von welchem ab die durch den Rohransatz bewirkte Vertiefung zu datiren ist. Aber dieser Primärton wird ja in vielen Fällen gar nicht von einer bestimmten Stufe erhalten: seine Stufe wechselt nach verschiedenen Umständen, die theils in dem Verhalten der Glottis, theils in der Beschaffenheit des Mundstücklumens oder des Ansatzrohrs, kurz, in den verschiedenen Graden der Anspruchsfähigkeit bedingt sind. Häufig ist daher erst bei einer gewissen Länge des Rohransatzes ein Blaston möglich, und es ist in solchen Fällen meist schwierig, zu berechnen, wie hoch der Ton ausgefallen sein würde, wenn er ohne einen solchen Rohransatz möglich gewesen wäre.*) Im Allgemeinen glaube ich jedoch mich von der Wahrheit wenig zu entfernen, wenn ich annehme, dass jeder

*) Hiernach lässt sich auch die anscheinend auffallende Erscheinung S. 459 erklären, wo der Rücksprung auf einen Ton erfolgte, der höher war als der (angebliche) Primärton.

dem nächsthöhern Register angehörige primäre Blaston *eine Oktave über* den Grundton zu verlegen ist, und jeder dem zweithöhern Register angehörige primäre Blaston eine Oktave + eine Quinte über den Grundton. Bei dem grossen Einfluss, welchen schon sehr kurze Rohransätze auf die Tonstufe der dem nächsthöhern Register angehörigen Blastöne ausüben, ist es gar nicht zu verwundern, warum die in unsern einlippigen sowohl als auch zweilippigen Versuchen erhaltenen Hochtöne im gegebenen Falle immer etwas unter dieser Norm ausgefallen sind, eben weil sie bei Anwesenheit eines, wenn auch kurzen, Rohransatzes (in der Regel Windrohrs) erhalten wurden. Am entschiedensten spricht der S. 462 (Mitte) aufgeführte Versuch für die eben ausgesprochene Ansicht, wo das kleine Mundstück, das überhaupt schwer Blastöne gab — und je grösser hier die Schwierigkeit, desto höher der Blaston —, endlich schon bei 1'' Ansatzrohr ansprucbsfähig wurde, und dann einen Ton gab, der eine Oktave + eine Quarte über dem Röhren- oder Grundton lag. Dieser Ton hätte ganz gewiss eine Oktave + eine Quinte des Grundtons betragen, wenn der Anspruch ohne dieses einzollige Ansatzrohr möglich gewesen wäre. In einem ähnlichen Falle (S. 463) betrug die Vertiefung schon bei einem Ansatzrohr von $5^{1}/_{2}''$ Länge eine Oktave. Dass sie damit ihr Ziel erreichte, also bei mehr Verlängerung nicht noch weiter zu treiben war, scheint der Umstand zu beweisen, dass bei Verlängerung auf 12'' der Ton (von c^2, auf gis^2 stieg. Demnach würde der Betrag der schrittweisen Vertiefung der Blastöne durch Rohransätze für die höheren Register etwa auf den Bereich einer Oktave zu begrenzen sein. S. jedoch w. u. Die Vertiefung des *Röhrentons* eines elastischen Mundstücks durch Ansatzrohre scheint sich an eine solche Grenze nicht zu binden, wenigstens haben wir Fälle vor uns, wo dieselbe eine Decime betrug, doch nur beim kleinen Apparat (Bandlänge 9''') während bei längern Bändern von 14''' nur eine Vertiefung von einer Tertie, und bei solchen von 16''' fast gar keine Vertiefung durch Rohransatz zu beobachten war. Auch bei den *Blastönen* (hohes Register) betrug die Vertiefung an den kurzen Einzelbändern mehr (von einer Sexte bis zu eine Oktave), als an den langen, wo sie nur von eine Tertie bis zu einer Sexte beobachtet wurde; in ähnlicher Weise betrug die Vertiefung der Blastöne von kurzen Doppelzungen mehr (von einer Quarte bis eine Oktave) als bei langen Bändern, wo niemals eine eine Quarte überschreitende Vertiefung beobachtet wurde. Dabei bemerke ich noch ausdrücklich, dass in keinem Falle die schrittweise Vertiefung des primär erhöhten Blastons tiefer ging, als die Stufe des Grundtons betrug, und meistens dieselbe noch bei weitem nicht erreichte. Am auffallendsten war aber die Vertiefung mittels der Rohransätze bei dem *tiefen Aufschlag- und Einschlagregister* der einlippigen Apparate, die im Allgemeinen denselben absoluten Betrag zeigte, wie die Vertiefung der Röhrentöne, und in einem Falle sogar noch durch ein tiefes Neben- oder Interferenzregister vermehrt wurde. S. 457.

Wir sehen also, dass es verschiedene Umstände und Einflüsse geben muss, welche auf die durch Rohransätze zu erzielende Tonvertiefung hemmend oder fördernd einwirken. Als solche förderliche Momente finden wir folgende hervorzuheben. a) Starke Spannung der Bänder: schon bei J. *Müller* finden wir, dass dasjenige Mundstück durch Ansatzrohr am auffallendsten (um eine Decime) vertieft wurde, dessen Membran am stärksten gespannt war, d. h. den verhältnissmässig höchsten Primärton gab. Auch bei meinen Versuchen ist dieser Einfluss unverkennbar: das kleine Mund-

stück zeigte eine viel weiter (über eine Oktave) gehende Vertiefung durch Rohransätze, wenn dessen Bänder hoch, als wenn sie tief gestimmt waren. b) Kurze Mensur. Lange Bänder gestatten weniger Vertiefung als kurze. Am auffallendsten war dieser Einfluss bei den Röhrentönen, doch auch bei den Blastönen nicht unbedeutend. c) Genaue Fixirung der Bänder, so wie überhaupt alles, was die Anspruchsfähigkeit erhöht, und so den Primärton schon bei sehr kurzem Rohransatz ermöglicht. Im Versuch S. 453 ergaben die Bänder, wenn ihre Aussenkanten fixirt waren, eine Vertiefung von einer Decime, während, wenn letztere nicht fixirt waren, die Vertiefung nur eine kleine Sexte betrug. d) Konsistenz des Gegenlagers. War letzteres (bei einlippigen Apparaten) solid, starr, so vertiefte das Ansatzrohr noch bei einer Länge, bei welcher caet. par. an zweilippigen Apparaten keine Vertiefung mehr möglich war. Umgekehrt ist eine gewisse Beweglichkeit und Nachgiebigkeit des Gegen- oder vielmehr Ueberlagers bei den aufschlagenden Schwingungen einlippiger Apparate der Tonvertiefung förderlich. e) Von Wichtigkeit auf die Vertiefungsverhältnisse ist auch die Weite des Rohransatzes. Im Allgemeinen wirkt derselbe am besten, wenn seine Weite merklich geringer ist, als die des Mundstücks, daher auch die Vorsatzstücke, wofern sie nicht bald sich verengen, verhältnissmässig wenig Wirkung haben. f) Erweiterung der Glottis vermag gleichfalls die Vertiefung des Tones vermehren zu helfen, wie wenigstens aus dem vierten Versuche S. 456 (Windrohr) hervorgeht.

Nach diesen so eben angeführten hemmend oder fördernd auf die durch Rohransätze erzielbare Vertiefung der Töne elastischer Zungen einwirkenden Einflüssen haben wir nun überhaupt von dem Verhältniss zu sprechen, was zwischen dem Eigenton der Zungen und dem Eigenton des Rohransatzes, oder zwischen Zungenton und Cylinderton besteht. Wir treten hier an eine der wichtigsten Aufgaben der Akustik überhaupt und der Anthropophonik in specie: denn es handelt sich hier um die grosse Frage nach der gegenseitigen Einwirkung der transversalen Zungenschwingungen und der longitudinalen Luftschwingungen, eine Frage, die uns bei der Untersuchung der Tonphänomene des menschlichen Stimmorgans noch sehr angelegentlich beschäftigen wird, weshalb wir hier nothwendig uns die zur Beantwortung derselben nöthigen Vorlagen verschaffen müssen

Aus W. Webers Untersuchungen über das Verhältniss der Schwingungen starrer Zungen zu den einer angefügten Luftsäule ist bekannt, dass der Grundton eines Mundstücks durch ein Ansatzrohr a, das für sich einen Ton von gleicher Stufe giebt, als das isolirte Mundstück, um eine Oktave Vertiefung erleidet, worauf der Ton auf den Grundton des Mundstücks zurückspringt, um bei fortgesetzter Verlängerung des Ansatzrohrs bis auf 2 a um $^1/_2$, bei Verlängerung auf 3 a um $^1/_4$ Oktave vertieft zu werden u. s. w.; dass ferner der Grundton eines Mundstücks durch ein Windrohr, das für sich den Ton des Mundstücks giebt, fast um das Doppelte erhöht wird, und erst durch allmälige Verlängerung des Windrohrs auf das Doppelte, ziemlich auf die anfängliche Stufe zurückkehrt. Für unsern Zweck kommt es vorläufig auf die Einwirkungen solcher langen Ansatzröhre nicht sonderlich an, dafür interessirt uns das zunächst dem Mundstück angefügte Rohrstück desto mehr. Durch dieses Ansatzrohr wird der Ton starrer Zungen nach Weber in geometrischer Progression vertieft, bis auf eine Oktave.

Die dazu erforderliche Rohrlänge ist natürlich um so geringer, je höher der Ton der Zunge. Dasselbe finden wir bei unsern Untersuchungen an membranösen Zungen. Mit wenig Ausnahmen, die bei dem so komplicirten, auf die Stufe des Primärtons u. s. w. einwirkenden Verhältnissen leicht stattfinden können, finden wir sowohl in den Müller'schen, als auch in meinen Versuchen, dass der Primärton des Mundstücks bis zu einer Ansatzrohrlänge, bei welcher letzteres als Cylinder- oder Mundpfeife angeblasen denselben Ton, nur eine Oktave tiefer giebt, wie das Mundstück allein, auf eine gewisse, freilich nicht immer eine Oktave betragende Stufe vertieft wird, nach Erreichung jener Rohrlänge dagegen zurückspringt*). So wurde bei Müller (S. 163) der Zungenton f^2 durch ein bis 14" zunehmendes Ansatzrohr sukcessiv bis auf d^1 vertieft. Ein offenes Rohr von 14" giebt aber den Eigenton f. Bei mehr Verlängerung erfolgte der Rücksprung. Im zweiten Versuch S. 162 hörte die Vertiefung des Zungentones dis^2 bei einer Ansatzrohrlänge von $9\frac{1}{2}$" auf. Ein offenes Rohr von 9" giebt den Eigenton d^1. Im ersten Versuch ebenso der Zungenton cis^2 durch ein Ansatzrohr von $9\frac{1}{2}$" u. s. w. Bei meinen Versuchen lässt sich in der Regel dasselbe Verhältniss nachweisen. Nur für die Röhrentöne (welche der dritten Klasse der W. Weber'schen Zungenpfeifen entsprechen, wo gar kein Luftstrom durch die Röhre der Zungenpfeife geht) war dies Verhältniss einigermaassen abweichend. Hier vertieft das Ansatzrohr bis zu einer Länge, bei welcher dasselbe für sich als Mundpfeife angeblasen denselben Ton giebt, welchen das isolirte Mundstück mittels Tubularanspruchs giebt, einen Ton also, der nicht eine Oktave tiefer, sondern in derselben Oktave liegt, welcher der Zungenton angehört. Am deutlichsten war dieser Unterschied zwischen dem Röhrenton und dem Blaston in dem Versuch S. 461 zu erkennen, wo der Blaston (dem hohen Register angehörig) durch eine Ansatzrohrlänge zweimal, zuerst um eine Oktave, dann um eine Quarte vertieft wurde, durch welche der Röhrenton (Grundton) schrittweise nur einmal um eine Oktave (etwas darüber) Vertiefung erlitt. Dass das aufgestellte Gesetz nicht bei allen von mir aufgeführten Versuchen nachweisbar ist, erklärt sich aus dem Umstande, dass es bei dergleichen Apparaten meist sehr schwer hält, den Primärblaston zu erhalten, und dass dieser fast allemal ein Aliquotton

*) Um den Leser in den Stand zu setzen, die hierzu nöthigen Vergleichungen selbst anzustellen, füge ich hier eine Angabe der Grundtöne bei, welche ein Rohr ungedeckt als Mundpfeife angesprochen bei einer gewissen Länge und Weite hören lässt. Die Längenangaben sind zwar theoretisch nicht ganz genau, dafür haben sie den Vorzug, dass sie sich dem Gedächtniss sehr leicht einprägen werden, ohne (für die gewöhnliche Praxis) zu sonderlichen Irrungen Anlass zu geben.

	Töne.	Rohrlänge.	Rohrweite.		Töne.	Rohrlänge.	Rohrweite.
$\frac{1}{4}$ F.	c^3	$2\frac{1}{2}$" P.	3'''	1 F.	c^1	10"	5–6'''
	g^2	$3\frac{1}{2}$"	—		h	11"	—
	e^2	$4\frac{1}{4}$"	—		a	12"	—
$\frac{1}{2}$ F.	c^2	5"	$3\frac{1}{4}$'''		g	13"	—
	b^1	5" 10'''	3–6'''		f	14" 6'''	—
	a^1	6"	4'''		e	16"	—
	g^1	$6\frac{1}{2}$"	$4\frac{3}{4}$'''		d	18"	—
	f^1	7"	—	2 F.	c	20"	—
	e^1	8"	—	4 F.	C	40"	—
	d^1	9"	—	8 F.	C_1	80"	—

In der musikalen Praxis nehmen wir 10" P. gleich 1 Fuss, und nennen demnach ein Rohr, das c^1 giebt, einfüssig, eins das c^2 giebt, halbfüssig, eins das C giebt, vierfüssig u. s. w.

(der Breite nach) ist, dessen Schwingungszahl nicht immer ein Multiplum der des Grundtones ist. Kommt nun ein solcher Zungenaliquotton mit einem Knotenton der Luftsäule des Rohransatzes zur Konsonanz, so müssen dadurch neue Tonverhältnisse hervorgehen, deren Werthbestimmung sehr schwierig ist. — Von einer geometrischen Progression der Vertiefung vermochte ich eben so wenig etwas wahrzunehmen, als J. Müller. Während bei den Weber'schen Versuchen, wo durch etwa 15″ Ansatzrohr der Primärton g^1 um eine Oktave vertieft wurde, die ersten 5″ eine Vertiefung von $1/2$, dagegen die letzten 4″ eine Vertiefung von drei vollen Stufen bewirkten, ging bei unsern Versuchen mit Kautschukzungen das Fallen des Tones so ziemlich mit dem Wachsen des Rohransatzes parallel. Genauere Untersuchungen über dieses Verhältniss habe ich jedoch noch nicht angestellt.

So wie bei den Tonphänomenen starrer Zungen, so finden wir auch bei den der elastischen, dass, wenn der vertiefende Einfluss des Rohransatzes seinem Ende entgegen geht, bei schwachem Anspruch ein höherer Ton vernommen wird, als bei starkem. Dieser höhere Ton ist immer der Primärton, und wird bei weiterer Verlängerung des Rohres und bei stärkerem Anspruche als Vollton (Rücksprungton) erzeugt. Von den einlippigen Apparaten wurden diese höhern Vortöne nur bei langen Bändern beobachtet; am konstantesten aber bei den mit dem Waldhorn und dessen Setzstücken angestellten Versuchen. Diese hohen Töne sind reine Zungentöne ohne Mitwirkung der Longitudinalschwingungen des Ansatzrohrs, welche immer erst bei stärkerem Blasen zur Geltung kommen kann. Bei den Röhrentönen fehlen sie daher begreiflicher Weise ganz. Uebrigens geben diese bei Ansatzrohr auftretenden Vortöne in Fällen, wo das isolirte Mundstück noch keinen Blaston giebt, ein Mittel ab, den Primärton kennen zu lernen;*) am Interessantesten ist hier der Fall, wenn der Vorton oder Rücksprungton höher ausgefallen ist, als der erst erhaltene scheinbare Primärton. S. Versuch S. 459.

Während sich bei diesen Vortönen vorzugsweise der Einfluss der Bänderschwingungen geltend macht, beobachten wir auf der andern Seite Tonphänomene, welche wesentlich auf den Tonwellen des Rohransatzes beruhen, und zu welchen die Schwingungen der Bänder nur den Impuls geben, ebenso wie beim Blasen des Waldhorns und ähnlicher Instrumente der Fall ist. Von den einlippigen Versuchen gehört namentlich der Ansatzrohrversuch S. 456 hierher, wo der Primärblaston e^2 (bei 3″ Ansatzrohr erhalten) durch 2″ 3‴ Ansatz auf h^1 fiel, dieser Ton aber auch durch weitere Ansätze nicht weiter geändert wurde, als dass entweder die tiefe Oktave h zum Vorschein kam, oder letztere dem h^1 als Interferenzton beigesellt wurde. Von den zweilippigen Apparaten gehört der Ansatzrohrversuch S. 462 hierher,

*) Wenn dieser Piano-Vorton wirklich allemal mit dem Primärblaston des Mundstücks gleichstufig ist, so muss es auch Fälle geben, wo ein Ansatzrohr bis zu einer gewissen Länge gar keine Vertiefung bewirkt, sondern eben blos den Primärton erst möglich macht. Denn im Versuch (Windrohr) S. 456 wo bei 8″ Windrohr der Vollton a^1 — as^1, und Piano der höhere Ton es^2 erschien, gab der Apparat, welcher bereits mit einem über 3″ langen Rohransatz versehen war, gleichfalls den Blaston es^2, welcher auch noch blieb, nachdem noch 2″ 3‴ Rohr angesetzt worden war. Doch fiel jetzt der Ton um $1 - 1\frac{1}{2}$ Stufe, wenn die Glottis etwas erweitert wurde.

PROSPECTUS.

Zum Erstenmale wird hier dem grössern Publikum eine umfassende wissenschaftliche Bearbeitung eines der interessantesten Abschnitte (oder Gebiete) der Anthropologie, nämlich, der **Anthropophonik** oder der **Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm- und Sprachorgans** dargeboten. Die bisherigen Arbeiten über diesen Gegenstand waren zu fragmentarisch, ungenügend, gaben nur Vereinzeltes, und selbst dieses Wenige war von Irrthümern so wenig frei, dass es über die meisten und wichtigsten der hier einschlagenden Fragen keinen Aufschluss zu geben vermochte.

Der Herr Verfasser hat es sich seit einer langen Reihe (14—15) von Jahren mit Aufwand aller ihm zu Gebote stehenden Kräfte und Mittel zu einer Lebensaufgabe gemacht, der Lehre von der menschlichen Stimme und Sprache zu derselben Ehre wissenschaftlicher Anerkennung zu verhelfen, welche andern, durchaus nicht wichtigern oder anziehendern Zweigen der Physiologie und Heilkunde, wie der Ophthalmologie, Otiatrik etc. längst zu Theil geworden ist. Er ist überzeugt, dem Lehrgebäude seiner Wissenschaft in vorliegendem Werke nicht nur einen soliden Grund gelegt, sondern auch auf diesem Grunde bereits eine ziemliche Fülle wichtiger und interessanter Thatsachen aufgeführt zu haben, von welcher weder der Arzt und Physiolog von Fach, noch der Sänger, oder Gesanglehrer, oder Sprachforscher oder Pädagog u. s. w. mit leeren Händen weggehen dürfte.

Die Verlagshandlung hat keine Kosten gespart, um das Werk in würdiger Form auftreten zu lassen: die zahlreichen, vom Verfasser entweder selbst, oder unter dessen Aufsicht von einem tüchtigen Künstler gezeichneten und mit nicht minderer Kunstfertigkeit ausgeführten Original-Holzschnitte werden nicht nur zur Illustration, sondern auch zur Popularisirung des Werks wesentlich beitragen.

Das ganze Werk wird circa 60 Bogen umfassen.

Druck von J. S. Wassermann in Leipzig.

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DES MENSCHLICHEN

STIMM- UND SPRACH-ORGANS

(ANTHROPOPHONIK.)

NACH EIGENEN BEOBACHTUNGEN UND VERSUCHEN

WISSENSCHAFTLICH BEGRÜNDET

UND FÜR

STUDIRENDE UND AUSÜBENDE ÄRZTE, PHYSIOLOGEN, AKUSTIKER, SÄNGER, GESANGLEHRER, TONSETZER, ÖFFENTLICHE REDNER, PÄDAGOGEN UND SPRACHFORSCHER

DARGESTELLT

VON

DR. CARL LUDWIG MERKEL,

PRAKT. ARZTE UND PRIVATDOCENTEN DER MEDICIN AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

II. HÄLFTE.

BOGEN 31—62 MIT 63 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

LEIPZIG

VERLAG VON AMBROSIUS ABEL

1857

wo bei ziemlicher Schlaffheit der Bänder bloss die Knotentöne d^2 und a^2 erschienen. Ueber den ersten Fall werden wir weiter unten eine Erklärung versuchen; der andere Fall erklärt sich leichter, und zwar ist meines Erachtens das d^2 (bei 6'' Ansatzrohr) als Quinte des dem Rohre von 6' zukommenden Grundtones g^1, das a^2 (bei 9' Ansatzrohr) als Quinte des letzterer Rohrlänge angehörigen Eigentones d^1 zu betrachten. Auffallend scheint, dass dergleichen Sprung- oder Registerphänomene nur beim Ansatzrohr, nicht beim Windrohr beobachtet worden sind. Der Grund davon liegt jedenfalls darin, dass bei der Ansatzrohrtonbildung der zunächst an die Bänder grenzende Theil der Luftsäule verdünnte, bei der Windrohrtonbildung dagegen verdichtete Luft enthält.

Was die durch Rohransätze bewirkte Vertiefung der an sich schon verhältnissmässig tiefen und mehr oder weniger unter dem Pizzicato Tone liegenden Aufschlag- und Einschlagtöne der einlippigen Apparate anlangt, so beruht auch diese auf keinen andern, als den bisher erörterten Gesetzen. Es werden diese Transversalschwingungen, wenn sie sich mit den Longitudinalschwingungen der angesetzten Luftsäule verbinden, ebenso vertieft, wie die korrespondirenden überschlagenden Schwingungen, und zwar, wie es scheint, aus dem Grunde noch ergiebiger, als diese, weil der Einfluss der tönenden Luftsäule hier noch ungehinderter sich geltend machen kann. Denn bei jeder Aufschlagsschwingung wird die Glottis momentan geschlossen und dadurch die Luftsäule des Rohransatzes momentan vom Bande abgesperrt. Es ist daher während dieser Schwingungen die Luftsäule in keiner anhaltend fortschreitenden Bewegung, wie bei den andern Schwingungsgattungen, sondern es wird dieselbe bei jeder Schwingung des Bandes einmal unterbrochen. Diese Verlangsamung der Luftsäulenbewegung lässt jedenfalls den vertiefenden Einfluss des Rohransatzes zu grösserer Geltung kommen, als bei andern Schwingungsgattungen, wo die Glottis offen bleibt. Namentlich gilt dies von der zunächst hinter der Glottis befindlichen Luftschicht, welche nach jedem Glottisschluss mit ihrer ganzen Schwere und Spannung auf das Band einwirken und so deren Schwingungen verlangsamen kann. Wird dieser Glottisschluss durch eine gleichzeitig vorhandene offene Glottis paralysirt, so kommt, wenigstens wenn der Rohransatz als Windrohr fungirt, gar keine Tonvertiefung zu Stande. Bei den einschlagenden Schwingungen findet zwar ein solcher Glottisschluss nicht statt, aber es wird hier die oberste Luftschicht des Ansatzrohrs um so stärker komprimirt, weil die ganze Apertur desselben vom Band bei jeder Exkursion getroffen wird. Hier wird durch zwei gleichzeitig thätige Stimmritzen die Tonvertiefung nicht aufgehoben, im Gegentheil fiel sie in einem Falle sogar etwas beträchtlicher aus, als bei nur einseitig thätiger Glottis. Am stärksten fällt die Verdichtung der Luftsäule des Rohransatzes aus, wenn der Apparat mittels Windrohrs von hinten angesprochen wird, und das Band aufschlagende Schwingungen, natürlich einseitige, macht. Aus diesem Grunde wurde auch hier die bedeutendste progressive Vertiefung (um eine Decime) des Primärtons beobachtet.

Wenn wir auf Grund der erwähnten allgemeineren Principien annehmen können, dass jede progressive Vertiefung eines tiefen Zungentons durch Ansatz einer mitschwingenden Luftsäule der Theorie nach eine Oktave betragen soll, so erblicken wir jedenfalls in der unter den angeführten Verhältnissen stattfindenden Verdichtung der Luftsäule einen Einfluss, welcher

die in einigen unserer Versuche über eine Oktave hinausgehende Tonvertiefung erklärlich macht. In dem momentanen Glottisschluss an sich liegt nur ein Moment, das die Vertiefung bis zu einer Oktave zu bringen fähig ist: in den Fällen, wo dieser Einfluss fehlt, bewirkt die nicht zu den stehenden Schwingungen verarbeitete (sogenannte wilde) Luft eine Bewegung in der Luftsäule, die um so mehr die Erreichung der Oktave verhindert, je grösser sie ist. Kommt jedoch ein Einfluss hinzu, der gleichfalls tonvertiefend wirkt, wie die Verdichtung der Cylinderluftsäule, so kann auch bei vorhandener wilder Luft dennoch die Oktave erreicht und selbst überschritten werden, zumal wenn noch andere begünstigende Einflüsse dazutreten, wie wir sie vorhin aufgeführt haben.

Aber einen Fall haben wir noch zu erklären, nämlich den tiefen Interferenzton, der in Versuch i) 2. den an sich schon ansehnlich tiefen, durch 14″ Windrohr erhaltenen Ton begleitete. Wir wissen, oder nehmen wenigstens als wahrscheinlich an, dass die bei andern Tongattungen auftretenden Interferenztöne durch eine Kombination der primären Schwingungen mit aufschlagenden zu Stande kommen. Aber in unserem gegenwärtigen Falle haben wir ja bereits aufschlagende Schwingungen von Haus aus, wie ist es da möglich, dass sich denselben noch ein eine Oktave tieferer Interferenzton beigesellt? Nach meiner Ansicht lässt sich diese Erscheinung ziemlich ungezwungen dadurch erklären, dass wir uns das Windrohr durch den erwähnten momentanen Glottisschluss als gedeckt vorstellen, wobei dessen Luftsäule noch einmal so langsame Schwingungen macht, als ungedeckt, welche Verlangsamung den Schwingungen des einen Bandrandes sich mittheilt.

Noch haben wir auf einige Fragen zu antworten, welche sich uns bei Betrachtung unserer bisherigen Versuche darbieten.

Warum waren bei einer gewissen Länge des Ansatzrohrs die Schwingungen des Bandes oder der beiden Bänder entweder gar nicht oder nur schwierig und unvollständig zu erhalten? Zunächst gehört hierher der Röhrentonversuch S. 452, wo die in $e^1 - f^1$ gestimmten Bänder bei 15″ Ansatzrohr durch den Tubulus nicht in die bisher ganz gut erzeugbaren Transversalschwingungen versetzt werden konnten; desgleichen die ähnlichen Versuche S. 453 u. s. w., wo die Tonbildung bei einer gewissen Länge des Ansatzrohrs stockte, um bei Verlängerung desselben, und zwar mit Rücksprung auf den Primärton, wiederzukehren. In diesen Fällen war das Ansatzrohr auf die Länge gekommen, wo es als Mundpfeife angeblasen denselben Ton erzeugte, der der Grundton des Mundstücks war. Es kollidirte demnach eine Knotenfläche der Luftsäule des Rohrs mit der Bänderebene des Mundstücks. Oder: der Luftstrom des Tubulus sollte jetzt ebenso als Erregungsmoment für die Longitudinalschwingungen der Luftsäule, als für die Transversalschwingungen der Bänder fungiren. Beides lässt sich nicht vereinbaren. Daher weder das eine, noch das andere in vollständiger Weise zu Stande kommen konnte, sondern eben nur ein unsicheres Schwanken der Bänder mit Erzeugung eines nur „rauhen, wenig klingenden Tones es².“

Warum wurde das Grundregister der Blastöne, soweit die vorstehenden Versuche ersehen lassen, niemals durch Rohransätze vertieft, nur das oder die höhern Register, so wie (an einlippigen Apparaten) das tiefe Aufschlag- und Einschlagregister? Diese Frage ist eigentlich eine metaphysische, indessen wollen wir eine Antwort versuchen. Bei den Tönen des Grundregisters, wo eine spaltförmige Glottis vorhanden ist, befindet sich die vor oder hinter der

Bänderebene befindliche Luftschicht weder in so grosser Spannung noch Verdünnung, dass dadurch die Luftsäule des Rohransatzes eine unmittelbare Einwirkung weder erleiden noch ausüben kann: erst wenn das Rohr so lang geworden ist, bis sein Eigenton mit dem des Mundstücks zusammenfällt, vermag der durch die Glottis streichende in stehende Schwingungen versetzte Luftstrom eine Knotenfläche und somit einen Ton im Rohre zu bilden, der dann den Bänderton mit sich in Einklang zu bringen strebt.

Dass die Vertiefung der Blastöne von Doppelzungen in der Regel nur bis zu einer Quarte oder Quinte reicht, hatte seinen Grund theils darin, dass der Primärton seiner Stufe nach gewöhnlich nicht bestimmt werden konnte, weil erst bei Anfügung eines Ansatzrohrs von gewisser Länge ein Blaston erhalten wurde; theils darin, dass die Weite des ersten Rohransatzstücks in diesen Fällen verhältnissmässig zu gross genommen worden war. Denn wenn ich das erste Setzstück enger nahm, wie in den letztern Versuchen, wo ich mit Löchern versehene Rohre ansetzte, da wurde der Primärton in weit mehr annähernder Stufe erhalten, fiel demnach verhältnissmässig höher aus, und der Bereich der Vertiefung durch Rohransätze betrug dann gewöhnlich eine Septime bis Oktave.

Es kam einigemal vor, dass mittels Ansatzrohrs, auch wenn der Primärton dem hohen Register angehörte, von einer gewissen Länge des Ansatzrohres ab keine schrittweise Vertiefung erzielt werden konnte, sondern der Ton bald um eine Oktave (in den Interferenzton) fiel, bald wieder in den Hochton zurückkehrte. Dies rührt davon her, dass der Bänderton oft nur eine kurze Strecke weit dem vertiefenden Einfluss des Ansatzrohrs gehorcht, dann aber der Ton nur Knotenton wird, und als solcher in Oktaven (oder nach Umständen in andern Intervallen) abwechselnd vor oder rückwärts springt. Bei den Waldhorntönen findet ganz das Nämliche statt. Beim Anspruch mittels Windrohrs dagegen tritt diese Erscheinung weniger hervor, indem bei einer Länge, wo der Ton (bei Ansatzrohr) schon zu springen anfing, die schrittweise Vertiefung noch eine Strecke weit fortgeht. S. die Versuche S. 456.

3. Bildung von Neben- und Wechseltönen.

Unter Nebentönen (Beitönen) verstehen wir solche, welche neben, d. h. gleichzeitig und an derselben Stelle mit einem andern, als Hauptton zu betrachtenden Tone erzeugt und vernommen werden. Wechseltöne dagegen nenne ich solche, welche bei sonst gleichen Verhältnissen der Bänder sowohl als der Rohransätze in Folge gewisser Modifikationen des Anspruches, oder gewisser auf die Glottisränder einwirkender Einflüsse momentan an die Stelle des Haupt- oder Volltons treten, also vor oder nach demselben, nicht aber gleichzeitig mit ihm, gehört werden. Dergleichen Töne sind zwar an sich für uns nichts Neues, wir haben deren schon oft auch ohne sonderlichen Einfluss von Rohransätzen beobachtet, doch sind sie jedenfalls bei den mit letztern angestellten Versuchen häufiger zum Vorschein gekommen, und stehen wohl auch mit den Rohransätzen in einer nahen Beziehung, so dass es geeignet scheint, gerade an diesem Orte etwas ausführlicher über sie zu sprechen.

Ueber die Neben- oder Interferenztöne, welche bei unsern Versuchen beobachtet wurden, haben wir dem, was wir bereits früher über diese Tonphänomene bemerkt haben, wenig Neues hinzuzufügen. Es sind

dergleichen Töne sowohl bei Ansatzrohr als bei Windrohr beobachtet worden, bei den Röhrentönen gar nicht, wohl weil sie nicht absichtlich gesucht wurden, bei den Blastönen fast nur an zweilippigen, nur einmal an einlippigen Apparaten. Wir haben gesehen, dass die Gegenwart der tiefen Interferenzoktave die Vertiefung des obern Tones durch Rohransätze unmöglich macht; ferner, dass bei einer gewissen Länge des Ansatzrohrs der Interferenzton sich zum selbstständigen Ton erhebt, an die Stelle des Hochtons tritt; endlich dass sich unter Umständen bei stärkerem Anspruch der Interferenzton merklich, z. B. um eine Stufe, vertiefen kann, während der gleichzeitige Hochton auf seiner Stufe verbleibt. (S. 463.) Dieser Interferenzton lag aber auch nur eine Quarte unter seinem Hauptton. Wir haben jedoch auch einen Interferenzton beobachtet, der nur eine Tertie unter dem Haupttone stand. Es war dies der Fall, als dem grossen Apparat (Windrohr von 4″ 7‴ Länge) mit 16‴ langen Bändern ein weites Rohr von 5′ vorgesetzt wurde, und der Ton dadurch um eine Stufe, nicht vertieft, sondern erhöht worden war. Zweimal beobachteten wir einen eine Tertie und eine Quarte über dem Haupt- oder Volltone liegenden tremulirenden Nebenton (am kleinen Mundstück mit kurzen Bändern von ungleicher Stimmung). Dergleichen hohe Interferenztöne verwandelten sich aber in Haupt- oder Volltöne, wenn der Rohransatz in seiner Längendimension eine gewisse Aenderung, beziehendlich Verkürzung erleidet. Ueberhaupt fanden wir, dass die Töne bei gewisser Ansatzrohrlänge Neigung erhalten, in einzelne Stücke auseinander zu reissen, und so die wesentlichste Eigenschaft unserer Interferenztöne anzunehmen. In diesen Fällen scheint die Interferenz auf einem andern Mechanismus zu beruhen, als dem früher von mir angegebenen, nämlich auf einer Kollision der einer Knotenfläche nahe liegenden Schicht der Luftsäule des Rohransatzes mit den Schwingungen der Bänder, und es ist diese Tremulifacirung der nächste Schritt zum völligen Verstummen des Tones, wie solches beim vollständigen Zusammentreffen der passiven Knotenfläche mit der Bänderoscillationsebene stattfindet.

Es scheint übrigens, als ob die Interferenztöne nur dann möglich seien, so lange das Ansatz- oder Windrohr eine gewisse Länge nicht überschreitet, und zwar so lange es noch schrittweise vertiefend einwirkt. Bei weiterer Verlängerung habe ich wenigstens keine Doppeltöne mehr beobachtet. Nur beim Waldhorn kommen (bei Bänderanspruch) zuweilen Interferenztöne vor, bald eine Tertie, bald eine Oktave unter dem Hauptton liegend, welche jedoch auch nach Umständen isolirt und zusammengeflossen erhalten werden können.

Was nun die Wechseltöne anlangt, so sind diese ein mit der Gegenwart von Rohransätzen eng verbundenes Phänomen und ohne dieselben wohl kaum möglich. Ihre wesentliche Ursache ist theils in den Bändern selbst, theils im Ansatzrohre zu suchen. Bei einlippigen kommen Wechseltöne eigentlich gar nicht vor. Denn was hier an Bändern von 14‴ Länge bei Windrohranspruch von zweifachen, bei einer und derselben Rohrlänge beobachteten Tönen aufgeführt worden ist, gehört streng genommen nicht zu den Wechseltönen einlippiger Apparate, da hier der Zustand der Glottis sich nicht ganz gleichblieb, indem das Gegenlager nur aus starkem Kartenpapier bestand, bei verstärkter Lufttension etwas nachgab, und auch als eine Art Zunge mitwirkte, wodurch die Glottis sich erweiterte und der Ton vertieft wurde. Aus diesem Grunde erfolgte hier auch nach Erreichung des

Vertiefungsmaximums der Rücksprung nicht auf einer bestimmten Rohrlänge, sondern war auf einen Bereich von mindestens 5″ gleichsam vertheilt, und auf die Tonstufen cis^2 — dis^2 auseinander gezogen. Bei diesem Versuche erschien übrigens zum erstenmale*) der Piano-Vorton, welcher bereits von W. Weber bei seinen mit starren Zungenwerken angestellten Versuchen beobachtet worden ist, und welcher bekanntlich sich vor dem tiefsten, durch Rohrverlängerung erhaltenen Volltone einstellt, wenn hier der Anspruch so schwach gegeben wird, dass die Longitudinalschwingungen der Luftsäule des Rohrs nicht vollständig zu Stande kommen, sondern nur die Bänderschwingungen, welche dann dieselbe Schwingungszahl zeigen, wie ohne Ansatzrohr. Dieser Piano-Vorton, der also unter Umständen schon an einlippigen Apparaten möglich ist, ist bei zweilippigen Apparaten, deren Bänder gleich gestimmt sind, stets einfach, und finden auch ausser diesem keine weitern Wechseltöne hier statt, wenigstens so lange das Ansatzrohr eine gewisse Länge nicht überschreitet.

Die Verhältnisse des Vortons zum Hauptton sind nun freilich bei elastischen Doppelzungen, besonders ungleich gestimmten, komplicirter, als bei einfachen starren. Wir finden bei gleicher Bänderstimmung, z. B. in a^1 (des kleinen Mundstücks) bei Windrohr von 2′ 9″ den Vorton a^2, der crescendo in den Hauptton f^2 übersprang; bei Stimmung in c^1 (des grossen Apparats von 16‴) bei Ansatzrohr von 5½″ den Vorton d^2 crescendo nach c^2 umspringend. Bei ungleicher Bänderstimmung (a und c^1: 16‴) 7″ Ansatzrohr den Vorton g^2, crescendo cis^2; desgleichen bei 6′ Windrohr d^2, crescendo in den Grundton h^1 umspringend; bei 10′ Windrohr erschienen sogar mehrere Vortöne, bevor der tiefere Hauptton d^1 ansprach; am kleinen Apparat (9‴ Bandlänge) bei Stimmung in e^1 und a^1 und 3″ Ansatzrohr den Vorton gis^2 nach c^2, bei 5½′ Ansatzrohr den Vorton f^2 auch nach c^2 crescendo umspringend: was ferner hier bei kurzem Ansatzrohr Vorton war, wurde durch Verlängerung desselben Vollton. Dergleichen bei Stimmung in g^1 und a^1 (dünnere Bänder 9‴) bei 6″ Windrohr Vorton e^2, crescendo a^1; bei 10″ Windrohr cis^2—a^1; bei 12″ Ansatzrohr a^2—e^2, bei Verlängerung g^2—f^2, f^2—e^2 u. s. w. Ferner an demselben Mundstück bei Stimmung in f^1 und b^1 bei 11″ Ansatzrohr a^2—d^2, bei Verlängerung kam a^2 oder g^2 als Vollton. — Am zahlreichsten und bezeichnendsten traten die Vortöne bei den Waldhornversuchen auf, wo sich namentlich, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, die allmälige Vertiefung des Vortons durch wachsende Rohrlänge zu erkennen giebt.

Demnach können wir über das Wesen und die Bedeutung des Vortons etwa Folgendes aufstellen. Der Vorton gehört immer einem andern und zwar höher liegenden Register an, als der Nach- oder Hauptton. Er ist daher scharf von letzterem abgeschnitten: ein allmäliges Ueberziehen aus dem einen in den andern ist nicht möglich. Er erscheint immer erst, nachdem das Ansatzrohr bis zu einem gewissen Grade den Primärton vertieft hat; wir können geradezu sagen, nachdem die Vibrationsintensität der vertiefenden Luftwelle des Ansatzrohrs vorüber, überstiegen ist, und die Rohrlänge bald dahin gelangen wird, wo der Cylinderton mit dem Bänderton übereinstimmt. Je weiter von diesem Punkte die Rohrlänge noch entfernt ist, desto höher fällt

---

*) Doch gehört schon das im Versuch S. 455 c. bei 7½″ Ansatzrohr piano erhaltene e^2 hierher. Desgleichen S. 456 (oben).

der Vorton aus, desto schwächer ist er aber auch; je mehr dieser Punkt erreicht wird, desto tiefer wird jener, wobei er in gleichem Verhältniss an Stärke gewinnt, der Hauptton dagegen daran verliert, bis bei Erreichung jenes Punktes das, was bisher Vorton war, zum Hauptton wird. Dies ist der sogenannte Rücksprung des vertieften Tones auf den Primärton oder in die Nähe desselben. Bei den längern Rohrapparaten, namentlich dem Waldhorn, haben wir drei Abstufungen des Vortons kennen gelernt, welche während der zweiten Hälfte der ersten Vertiefung, die hier von 23 bis 43″ Leipz. Maass geht, auf verschiedenen Rohrlängen, wie vorhin bemerkt, stehen, während bei weiterer Verlängerung auf 5—10 Ellen die gedachten Töne sofort hintereinander auftreten, und der Unterschied zwischen Vor- und Hauptton mehr oder weniger verschwindet. Die Hornsetzstücke scheinen so mensurirt zu sein, dass vom ersten bis dritten mit jedem neuen Rohransatz der Vorton (Rückfallton) um eine Stufe unter den Primärton zu stehen kommt. Bei andern Apparaten war eine solche Regel nicht wahrzunehmen, weil sie nicht durch bestimmte Mensurirung wahrnehmlich gemacht worden war. Ueber die Verwandtschaft dieser Vortöne mit den Fisteltönen des menschlichen Stimmorgans werden wir später sprechen.

Alle andere, auf einer und derselben Rohrlänge und bei gleichbleibender Bänderspannung vorkommenden Wechseltöne müssen nach denselben Principien erklärt werden. Betrachten wir die Masse von tonerregenden Kombinationen, welche z. B. bei ungleicher Bänderspannung durch verschiedenartige und verschieden lange Rohransätze möglicherweise zu Stande kommen können, so darf es uns gar nicht befremden, wenn, wie wir beobachtet haben, oft 3—4 Töne in einem Athem zum Vorschein kommen. Wir wollen nur einige dieser Kombinationen, wie sie am leichtesten vorkommen können, hier analysiren. Bei Stimmung des 16‴ langen Mundstücks in a und c^1 erschienen bei 10″ Windrohr hintereinander folgende vier Töne c^2, d^2, a^1, d^1, von welchen erst letzterer als Haupt- oder Vollton zu betrachten war. Das c^2 war entweder das hohe Register vom Grundton c^1 des einen Bandes, oder es war Cylinderton, da 10″ Luftsäule den Ton c^1 giebt. Das d^2 erschien schon als Primärton ohne Windrohr, a^1 erklärt sich durch den Grundton des andern Bandes: es bildete gleichsam den Vorton zum Hauptton d^1, der als (unvertiefbarer) Grundregisterton zu betrachten ist. Zu bemerken ist dabei, dass während dieses Tonvorgangs die beiden Aussenkanten der Bänder mit zwei Fingern gehalten wurden, und dabei vielleicht eine kleine Gleichgewichtsstörung der Glottisränder stattfand. Ausserdem übt der wachsende Luftstrom einen Einfluss auf die Registerbildung oder Erzeugung der Aliquotschwingungen im Windrohre, welche nach ihrer grössern oder geringern Schwingungszahl vorzugsweise das eine oder das andere Band zur Bestimmung des jeweiligen Tones, der immer einfach ist, disponiren. Kommen nun noch ausserdem mechanische Modifikationen an den Stimmbändern hinzu, Verschiebungen, Niederdrückung des einen Randes u. s. w., so begreift man die Möglichkeit einer noch grössern Tonmannichfaltigkeit, aber auch die grossen Schwierigkeiten und Verwirrungen, die daraus für die Deutung eines solchen zufällig gerade einzeln heraustretenden Tones entspringen.

Mehr als vier solcher hintereinander auftretender Wechseltöne habe ich noch nicht beobachtet. Wohl aber ist es möglich, dass im nächsten Augenblick, bei der nächsten Luftgebung, sobald nur eine Kleinigkeit an den

Glottisverhältnissen geändert worden ist, eine neue, den Stufen und Intervallen nach verschiedene Tonfolge sich hören lässt.

4. Tonerhöhung oder Aufhebung einer schon vorhandenen Vertiefung.

Eine scheinbare Tonerhöhung durch Rohransätze kam uns bei vorstehenden Versuchen mehrmals vor. Entweder beruhte eine solche auf einem Fehler in der Bestimmung des Grund- oder Primärtons, oder sie war durch Rückfall des Tones in den Primärton zu erklären, so z. B. schon in dem Versuch S. 460 b., wo der (bei 4″ 7‴ Ansatzrohr erhaltene) Primärton f^2 durch 5″ Verlängerung auf es^2, der durch 7″ auf g^2 zu stehen kam. Dieses g^2 war offenbar Rückfall in den Primärton, der durch jene 4″ 7‴ Ansatzrohr bereits vertieft zum Vorschein kam, was schon daraus erhellt, dass er crescendo nach cis^2 überging. Alle dergleichen hohe Töne sind daher nicht als selbstständige Tonerhöhungen, sondern als Rücksprünge, oder als in Folge einer neuen Knotenflächenbildung im Ansatzrohre durch koncentrirteren Anspruch anzusehen.

Aber wir haben auch eine wirkliche, selbstständige Tonerhöhung beobachtet, nämlich wenn die gleichzeitige Operation von Windrohr und Ansatzrohr zu Stande kam. Die erste unverfängliche Beobachtung dieses Einflusses machten wir bei dem Versuche S. 461. Hier wurde der mit Windrohr von 4″ 7‴ erzeugte, muthmaasslich 1 Stufe unter dem Primärton (der Grundton der Bänder war e^1) liegende Ton d^2 durch Anfügung eines Ansatzrohrs von etwas über 5″ Länge und beträchtlicher Weite auf e^2 erhöht, also die durch das Windrohr muthmaasslich bewirkte Tonvertiefung wieder aufgehoben. Im zweiten der Versuche, welche später zur Erforschung dieses erhöhenden Einflusses angestellt wurden, betrug das Maximum der durch beiderseitigen Rohransatz erreichbaren Tonerhöhung so viel, als die durch ein alleiniges Ansatzrohr von 3″ erhaltene Tonstufe; oder die von h^2 (Primärton) durch Ansatzrohr von 6″ bis d^2 getriebene Vertiefung wurde durch ein gleichzeitiges Vorsetz- oder Windrohr um eine Quarte vermindert. Im 4. Versuche betrug das Erhöhungsmaximum sogar soviel, als der Ton bei 1″ Ansatzrohr, und die Differenz zwischen Ansatzrohrton und Windrohrton betrug hier eine ganze Septime. Im dritten Versuche, der allerdings weniger modificirt wurde, betrug die ganze durch Vorsetzrohr erzielte Erhöhung eine Tertie. Im siebenten Versuche, wo sehr dünne Bänder verwendet wurden, war so gut wie gar kein erhöhender Einfluss seiten des Vorsetzrohrs zu beobachten. Die interessanteste Erscheinung ist aber (4. Versuch), dass nur bis zu einer gewissen verhältnissmässig geringen Länge das Vorsetzrohr erhöhend einwirkt, nach deren Ueberschreitung der Ton wieder allmälig fällt, bis er bei einer Länge, die der des andern Rohransatzes mindestens gleichkommt, wieder auf die Stufe fällt, die der Ton vorher, bei einseitigem Rohransatz, hatte. Das Vorsatzrohr, das diese Erhöhung bewirkte, verengte sich bei diesem Versuche ziemlich allmälig von 9‴ bis auf 4‴. Verhältnissmässig noch auffallender war die Wirkung des dem ersten Vorsetzstück von 1″ Länge, das für sich noch keine Erhöhung bewirkt hatte, aufgesetzten gleichlangen mit einem engen Kanale von 3‴ durchbohrten Setzstücks, wodurch eine Erhöhung von circa $^5/_4$ Stufe erzielt wurde. Damit verwandt ist der Einfluss, welchen die Verengung der Mundöffnung bei Vornanspruch des Vorsetzrohrs von 2″ Länge (von 9‴ auf 5‴ sich vom Mundstück ab verengend) ausübte. Hier liessen sich die

hohen Töne g^2 und a^2 erzeugen, dieselben hatten aber ein anderes Timbre, und waren offenbar durch neue Knotenflächenbildung erzeugt; auch liess sich der bei vollem Mundanspruch anlautende Ton es^2 nicht sukcessiv in diese Hochtöne überziehen, sondern es fand ein Sprung statt. In ziemlich gleicher Weise wirkte der Ohrspiegel, am auffallendsten, wenn er direkt dem Mundstücke vorgesetzt wurde. Ausser dieser tonerhöhenden Wirkung hatte der Ohrspiegel noch die Eigenschaft, das isolirte Mundstück zur Erzeugung seines Grundtons zu disponiren, s. Versuch 5. — Man könnte nun einwenden und sagen, dass — nach den Versuchen von No. 4. — die durch Vorsetzstücke erzeugte Tonerhöhung keine schrittweise, sondern sprungweise gewesen sei, und deshalb die ganze Sache an praktischem Werth sehr verlieren müsse. Allein die letzten Versuche von No. 6. mit den kurzen Vorsetzstücken mit engen Kanälen, so wie einige aus No. 2. und 3. lehren, dass wir Mittel besitzen, auch die Zwischentöne sämmtlich zu erhalten, dass also der Primärton oder der vor Anwendung von Vorsetzstücken vorhandene Ton durch eine angemessene Verengung und gleichzeitige Verlängerung des Vorsetzrohrs bis zu einem gewissen Betrage ebenso allmälig oder stufenweise erhöht wird, als er nach Erreichung jener Stufe bei fortgesetzter Verlängerung wieder ebenso stufenweise fällt. Uebrigens erhellt aus unsern Versuchen gleichfalls, dass das Erhöhungsmaximum, das durch gehörige Kombination von Vor- und Ansatzrohrstücken, beziehendlich durch Verlängerung des Ansatzrohrs, zu erreichen ist, so ziemlich ebenso viel beträgt, als das Vertiefungsmaximum durch einseitige Rohransätze; ferner, dass die Erhöhung durch Vorsetzrohr mit der Länge des Windrohrs oder des bisherigen einseitigen Rohransatzes in geradem Verhältniss steht, endlich dass die Töne des Grundregisters ebenso wenig durch beiderseitige Rohransätze erhöht, als durch einseitige vertieft werden, dass also bei Apparaten, wie der beim Versuch No. 7. verwendete, die das hohe Register nicht festzuhalten vermögen, auch keine Tonerhöhung durch doppelten Rohransatz eintritt.

Der Mechanismus dieser Tonerhöhung durch doppelte Rohransätze scheint mir folgender zu sein. Bei einseitigem Rohransatz, mag er als Ansatzrohr oder als Windrohr fungiren, wird der Primärton der Bänder, der hier immer als dem hohen Register*) angehörig angenommen wird, nach den zuerst von W. Weber aufgefundenen Gesetzen bis zu einem gewissen, in der Nähe der Stufe des Grundtons der Bänder liegenden Grade vertieft, nach dessen Erreichung der Rücksprung erfolgt. Dabei wird die Luftsäule des Rohres, mag sie vor oder hinter der zunächst angesprochenen Bänderfläche liegen, in Mitschwingungen versetzt, welche sich zu den Bänderschwingungen addiren und letztere auf diese Weise zeitlich verlängern, daher den Ton um so mehr vertiefen, je langsamer die Longitudinalschwingungen der Luftsäule werden. Bei doppeltem Rohransatz ändert sich dieses Verhältniss. Hier haben wir zwei Luftsäulen, eine vordere, vor den Bändern im Windrohre liegende, und eine hintere im Ansatzrohre. Die vor den Bändern liegende Luftschicht ist hier dichter, als die hinter denselben befindliche. Jetzt treten die von Weber gefundenen Unterschiede,

*) Aus diesem Grunde sind bei den elastischen Bändern die bei starren Zungen zwischen Wind- und Ansatzrohr stattfindenden Unterschiede der anfänglichen Tonlage nicht wahrnehmbar.

zwischen der Schwingungsdauer der zunächst vor und der hinter der Bänderebene liegenden Luftschichten deutlicher hervor. Nach der von Bindseil*) mitgetheilten Tabelle Weber's wird der Grundton des Mundstücks (= 1 gesetzt) von 8″ bis 16′ Ansatzrohrlänge bis auf die nächsttiefere Oktave (= $^1/_2$) vertieft, dagegen steht bei etwa 13—14″ Windrohr derselbe Grundton in der höhern Oktave (= 2) und wird bei Verlängerung des Windrohrs auf etwa 28″ allmälig bis auf den Grundton (= 1) zurückvertieft. Was in letzterem Falle Windrohre, die noch nicht die Länge von 13″ erreichen, für Einfluss auf die Tonhöhe hatten, finde ich (wenigstens in Bindseil's Referate) nicht angegeben: wahrscheinlich war in diesem Falle noch kein Ton möglich. Kombiniren wir nun Windrohr mit Ansatzrohr, so dass das Mundstück zwischen beiden steht, nehmen wir z. B., um bei Weber's Fall stehen zu bleiben, 16′ Ansatzrohr, das an sich den Grundton auf $^1/_2$ der Schwingungszahl vertiefte, und 13″ Windrohr, das ihn auf 2 oder das Doppelte erhöhte, und blasen wir das Instrument jetzt an, so wird jedenfalls die Schwingungszahl sich auf 1 oder auf den anfänglichen Betrag ausgleichen; es wird also der durch das Ansatzrohr vertiefte Ton durch die Beigabe des Windrohrs erhöht werden, und zwar wird das Maximum dieser Erhöhung bei der Länge des Windrohrs stattfinden, bei welcher es für sich den Grundton am meisten zu erhöhen fähig ist. Bei den elastischen Bändern sind nun freilich nach unsern Versuchen die Verhältnisse in so weit von den der starren Zungen verschieden, als der Grundton derselben überhaupt durch Rohransätze gar nicht vertieft wird, und jene erst auf ihren Falsetton oder auf die Oktave des Grundtons gebracht werden müssen, bevor von einer Vertiefung durch eine angesetzte Luftsäule die Rede sein kann. Aber insofern gehorchen sie den von Weber aufgefundenen Gesetzen, als die durch einen einseitigen Rohransatz bewirkte Vertiefung des Primärtons durch gleichzeitige Einwirkung eines von der andern Seite dem Mundstücke angefügten Rohres von einer gewissen Länge mehr oder weniger aufgehoben wird. Je mehr der Primärton durch einseitigen Rohransatz vertieft worden war, desto mehr betrug der erhöhende Einfluss des andern Rohres. War (4. Versuch) der Primärton b^2 durch ein Ansatzrohr von 8″ auf c^2 vertieft worden, so kam der Ton durch gleichzeitige Einwirkung des Windrohrs von $22^1/_2$″ wieder auf b^2 zurück. Weiter geht dieser Einfluss aber nie: es bestätigt sich also auch hier das von Weber gefundene Gesetz, dass durch ein Windrohr die primäre Erhöhung des Grundtons nicht weiter, als bis zur Stufe des letztern zurückgebracht oder aufgehoben werden kann.

Was die Länge und die übrigen räumlichen Verhältnisse, bei welchen das 2. Setzrohr erhöhend einwirkt, anlangt, so scheinen diese für einen gewissen Grundton des Mundstücks immer von einer gewissen Beschaffenheit sein zu müssen. Grosse Mundstücke mit langen Bändern (z. B. 16‴) haben bis jetzt in meinen Versuchen nur bedingungsweise einen erhöhenden Einfluss des 2. Rohransatzes erkennen lassen, oft sogar einen vertiefenden. Ich füge hier einen später in dieser Absicht gemachten Versuch bei. Das Stethoskopstück mit 2 mittelstarken Bändern von 4‴ Breite bespannt (Pizzicato d^1) gab von hinten angeblasen d^2, mit weiterem Windrohransatz von 1″ 8‴ c^2, noch 4″ dazu $b^{1\flat}$, noch $1^1/_2$″ a^1 bis as^1. Weiter liess sich der Ton nicht vertiefen. Setzte ich jetzt noch ein Vorsetzrohr (als Ansatzrohr fungirend) von fast 6″ Länge, etwas konvergirend, auf, so blieb der Ton unverändert. Nach Wegnahme des letz-

*) Akustik, S. 476 ff.

ten Stücks Windrohrs (1½″) dagegen erzeugte das Ansatzrohr, ebenso ein konisch sich verengender Glastrichter, dem Mundstück unmittelbar vorgesetzt, eine Erhöhung von 1 Stufe. Ziemlich dasselbe Resultat erschien, wenn ich den Apparat umgekehrt anbliess. Bei manchen Rohrlängen erfolgte aber auch, wie schon oben erwähnt, eine geringe Weitervertiefung des Tones durch Ansatz des zweiten Rohres. Freilich stand bei meinen diesfallsigen Apparaten die Weite des Vorsetzrohrs zu der des Ansatzrohrs meist in ziemlich grellem Missverhältniss, indem letzteres vom Mundstück aus sich rasch bis auf ein verhältnissmässig enges Kaliber verengte, ersteres (von vorn herein schon weiter, als das ganze Mundstück) nur allmälig an Weite abnahm. Günstiger sind jedenfalls die Verhältnisse bei kleineren Apparaten, wie dem von mir benutzten von 9‴ Bänderlänge. Hier war zwar der unmittelbar vor den Stimmbändern liegende Raum des Vorsetzrohrs von weit grösserem Durchmesser, als der hinter denselben, aber die Weite des Ansatzrohrs differirte von der Bänderlänge nicht so bedeutend, als beim grossen Apparat, und das Vorsetzrohr liess sich leichter zur gewünschten Konvergenz bringen. Im Allgemeinen erschienen als die Tonerhöhung befördernd: rasche Konvergenz oder trichter- oder becherförmige Verengerung des Vorsetzrohrs, damit die Luft darin wie in einem Windkessel auf einen gewissen Grad verdichtet werde; ferner eine verhältnissmässig geringe Länge, welche jedoch zur Bänderlänge oder zur Schwingungszahl in einem gewissen, bis jetzt noch nicht genau eruirten, Verhältnisse stehen muss. Je allmäliger die Verengerung des Vorsetzrohrs erfolgt, desto länger muss dasselbe sein und umgekehrt. Günstig wirkt auch auf die Tonvertiefung ein kurzes, anfangs weites, dann plötzlich in einen engen Kanal auslaufendes Vorsetzstück. Kurz, es handelt sich darum, den vor den Bändern liegenden Luftraum zu verdichten, und dadurch eine neue Wellenbildung zu veranlassen, deren Geschwindigkeit grösser ist, als die der mit der Ansatzrohrsäule schwingenden Bänder.

Ueber das Timbre, die Register und die Nebentöne der durch doppelten Rohransatz erzeugten Tonphänomene wäre auch noch Manches zu sagen. Dass die durch den 2. Rohransatz erhöhten Töne einem besondern Register zugeordnet werden können und sogar müssen, ist wohl in der Ordnung; denn der Mechanismus, durch welchen diese Töne erzeugt werden, weicht, wie wir erörtert haben, von dem der andern Tongattungen ab. Aus diesem Grunde traten auch einige Male, namentlich, wenn das anfängliche Ansatzrohr als Windrohr angeblasen wurde, Nebentöne (mehr oder weniger kontinuirlich) auf, welche eine Quinte oder Sexte unter dem Haupttone lagen. Einmal (Vers. 4. zu Ende) erschien der durch Windrohr (Ohrspiegel) erzielte Erhöhungston nur piano, als V o r t o n, welcher crescendo in den ohne Vorsatzrohr erzeugbaren Ton (als Vollton) zurückfiel. Diese Fälle lehren, dass das ganze Erhöhungsmoment ein dem bisherigen gleichsam aufgenöthigter Mechanismus ist, welcher unter Umständen abgewiesen oder verdrängt werden kann. Es entsteht hier gleichsam ein Konflikt zwischen der vor und der hinter dem Mundstück operirenden Luftsäule, dessen Resultat das gleichzeitige oder hinter einander erfolgende Auftreten zweier Töne ist, von welchen der eine der hinter dem Mundstück liegenden Luftsäule allein, der andere beiden Luftsäulen seine Stufe verdankt. Hieraus erklärt es sich auch, weshalb der Erhöhungston im Einzelfalle oft gleichsam sprungweise auftritt, was aber, wie wir gesehen haben, nichts Nothwendiges ist, und durch geeignete Disposition des Vorsetzstücks sich vermeiden lässt. Dass bei Hint-

anspsuch der Ton zuweilen etwas höher ausfällt, oder schwieriger anspricht, als bei Vornanspruch, hat seinen Grund in (bei meinen Apparaten) unvermeidlichen Schwierigkeiten der Fixirung der Aussenkanten der Bänder, wobei ein stärkerer Luftanspruch erfordert wurde, um überhaupt den gewünschten Ton zu erhalten.

B. Versuche mit 2 übereinander, oder unter einem Winkel zu einander liegenden Bändern.

a. Mit übereinander liegenden Bändern.

Die ersten Versuche, die ich hier, zunächst nur, um die wesentlichen Erfordernisse der Tonbildung kennen zu lernen, anstellte, waren sehr einfach. Ich nahm ein gewöhnliches, in sich zurücklaufendes Band aus vulkanisirtem Kautschuk, wie sie bereits mehrfach zu den bisherigen Versuchen verwendet worden waren, legte es in zwei sich deckende Blätter übereinander, nahm es in beide Hände, so dass ich mit den Fingern ein mittleres Stück dieses Doppelbandes abgrenzte, hielt es mit der einen Kante vor den Mund, oder nahm dieselbe zwischen die Lippen, und trieb einen Luftstrom zwischen die beiden Blätter dieses extemporirten Mundstücks. Dabei war gar nicht viel Uebung erforderlich, damit ein Tonphänomen zu Stande kam. Der dazu erforderliche Mechanismus konnte, wie sich bald herausstellte, ein dreifacher sein.

1) Wenn der Luftstrom so auf die Bänder einwirkte, dass dabei keine Berührung der Lippen statt fand, sondern dass jener mit seinen wirksamsten Strahlen zwischen die beiden Blätter drang, dieselben von einander entfernte, und so in ihrer ganzen schwingfähigen Breite in stehende, gegenschlagende Transversalschwingungen versetzte, so wurde ein Ton vernehmbar, der als Grundton betrachtet werden konnte, und dessen Eigenschaften von der Breite, Länge, Spannung u. s. w. der Bänder bestimmt wurden, der sich also durch Verkürzung oder Anspannung des Mundstücks erhöhte, durch Verlängerung oder Relaxation vertiefte, während er durch Verstärkung des Luftanspruchs seine Stufe nicht merklich änderte.

2) Wenn diese Schwingungen dadurch gestört wurden, dass der eine oder andere Bandrand während der Exkursionen fortgesetzte Stösse gegen die Lippe erlitt, oder vielleicht auch, wenn durch einen gleichzeitig über die eine äussere Bandfläche streichenden Luftstrom eine solche Interferenz bewirkt wurde (?), dann wurde gleichzeitig ein etwa 1 Oktave höherer (nicht tieferer) Nebenton gehört, der als höchster Ton der in Folgendem zu erörternden Tonreihe zu betrachten ist.

3) Wenn der Apparat mit seiner einen Kante zwischen die Lippen genommen und in dieser Lage angeblasen wurde, so ändert der Ton, der dabei gehört wird, entschieden sein Timbre, wird mehr fagottartig, man fühlt, namentlich bei den ersten Versuchen, eine unangenehme kitzelnde Empfindung an den Lippen, die von den Schwingungen der Bänder gegen letztere erzeugt wird; die Bänder weichen jedoch ebenso auseinander, wie bei den vorigen Schwingungen, und gerathen in Schwingungen, die sich freilich nicht über ihre ganze Breite erstrecken können. Die Schwingungszahl wird ausser den oben erwähnten Momenten noch von dem Grade des Mundlippenschlusses bedingt. Je mehr die Mundlippen geschlossen werden und die gefassten Bänderzonen gegen einander drücken, desto mehr erhöht sich der

Ton und umgekehrt. Ausser diesen Tönen waren auch zuweilen bei einer gewissen Disposition der Bandränder und der Lippen höhere, einem andern Register angehörige Töne erzeugbar, so wie sich auch oft durch Interferenz Töne beigesellten, die etwa 1 Oktave tiefer lagen. Bei diesen tiefen Interferenztönen machte das Band Schläge, und zwar gegen die Mundlippe, wie das eigenthümliche, von dem durch die Normaltöne der Bänder erzeugten abweichende Gefühl an derselben zu erkennen gab. Im Spiegel betrachtet sah dann das Phänomen etwa so aus, als ob 3 (oder 4) Bänder gleichzeitig thätig wären. Es ist dies eine durch die Dauer des Gesichtseindrucks bedingte Täuschung. Genaueres darüber s. w. u.

Dieselben Resultate erhielt ich, wenn ich die Kautschukbänder zwischen 2 Klemmen fixirte und so in einen gewissen, bleibenden Abstand von einander brachte.

Bevor ich aber weiter ging, suchte ich erst noch über einige Principfragen ins Reine zu kommen. Zuerst wollte ich erfahren, ob nicht auch ein einziges elastisches Band, zwischen die Lippen genommen, durch aufschlagende Schwingungen einen Ton geben könnte. Die hierüber angestellten Versuche gaben durchaus ein negatives Resultat. Es war in dieser Hinsicht gleich, ob ich meine Lippen isolirt in gegenseitig aufschlagende Schwingungen versetzte, oder ob die eine Lippe von einem elastischen Bande, das ebenso gut auch von einem Papierblatte oder ähnlichem nicht elastischen Bande vertreten sein konnte, bedeckt war. Ferner suchte ich zu erforschen, in wie weit die Elasticität der Bänder bei den erhaltenen Tonphänomenen wesentlich sei. Ich nahm zu diesem Zwecke einen unelastischen Streifen von Wachsleinwand, legte ein elastisches Band, das ich des leichtern Anspruchs halber an der zu intonirenden Kante in kurzer Ausdehnung zugeschärft und dem ich gleiche Länge und Breite mit jenem Streifen gegeben hatte, darüber, bildete daraus entweder durch die Finger oder durch zwei Klemmen ein Mundstück, und blies es mit meinem Munde an. Auch diesen Versuch modificirte ich der grössern Bestimmtheit halber so, dass ich bald die rauhe Fläche des Wachsleinwandstreifs der Bandfläche zukehrte, bald die Wachsleinwandseite der Ober-, bald der Unterlippe anlegte. In allen diesen vier Fällen blieb sich das Resultat im Allgemeinen gleich: immer liessen sich Töne erzeugen, so bald es nur gelang, Luft zwischen beide Bänder gelangen zu lassen. Namentlich gelangen hier die tiefen Interferenz- oder Schlagtöne sehr gut, und ich überzeugte mich durch die Empfindung, welche dabei die von der Wachsleinwand bedeckte Lippe erhielt, dass diese Töne wirklich durch Aufschläge bewirkt wurden. Wenn ein solches Mundstück so angeblasen wurde, dass es dabei mit den Lippen fast in gar keine Berührung kam, so waren auch bei sonst (scheinbar) gleichen Verhältnissen 2 Register möglich, das Grundregister (s. oben), und ein mindestens 5 Stufen höheres, das durch partielle oder durch Latitudinalschwingungen zu Stande gekommen zu sein schien, und ein zarteres Timbre hatte. Immer waren aber die mit Lippenfassanspruch erhaltenen Töne voller klingend und besser zu halten, namentlich wenn das Band nicht zu dünn war.

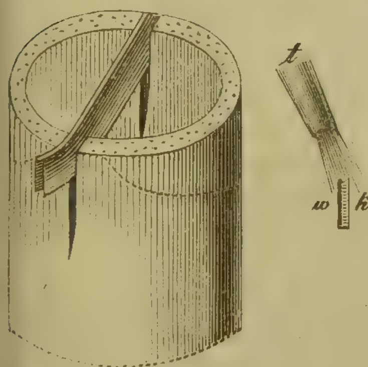
Somit war ich durch diese vorläufigen, wenn auch noch rohen Versuche zu der Einsicht gelangt, dass ein aus zwei aufeinander liegenden Zungen bestehendes Mundstück sehr verschiedenartige Töne, und zwar, wie es schien, vier Register zu geben fähig ist, je nachdem es durch einen frei auffallenden Luftstrom entweder in vollständige oder in partielle Transversalschwingungen versetzt wird, oder wenn es gleichzeitig dem Drucke der die eine Randzone desselben mehr oder weniger luftdicht umfassenden Mundlippen ausgesetzt wird.

Um nun aber alle diese phonologischen Verhältnisse genauer studiren zu können, und möglicher Weise noch andere Anspruchsweisen und Kombinationen aufzufinden, vertauschte ich zunächst die so unsichere und nament-

lich keine sichere Anspruchsrichtung und Tonstufenbestimmung zulassende Fixirung der beiden Zungenblätter mittels der frei gehaltenen Finger mit einem festen Rahmen. Zu diesem Zwecke nahm ich zuerst ein Stück eines dicken, wohl ausgetrockneten, Schaftes von Heracleum sphondylium, und schnitt in die Wandung dieses Cylinders zwei einander gegenüberstehende Spalten, die ich oben, so weit als die Bänderbreite betrug, durch Ausschneiden erweiterte. Um nun zunächst das Verhalten einfacher, senkrecht stehender, elastischer Zungen beobachten zu können, schob ich in jene Spalten ein Kautschukband nebst einem gleichbreiten Streifen von Wachsleinwand, gab dem Bande eine gewisse Spannung, und erhielt auf diese Art eine stehende Stimmritze von 7 ''' Länge und 2 '' Tiefe.

Hierauf umwickelte ich das Rohr dicht unter der untern Kante des eingeklemmten Doppelbandes, um ihm wieder die gehörige Festigkeit zu geben, und um die natürlich noch weiter, als die Bänder, herablaufende Ritze zu verstopfen, mit Bindfaden. Endlich schnitt ich von der Apertur dieses Cylinders so viel weg, dass ich einen Theil der aufgespannten Lamellen bequem zwischen meine Lippen nehmen konnte, dass also ein Mundstück gebildet wurde.

Das Instrument war jetzt so weit vorgerichtet, dass es, was bei dem vorigen Apparate nicht gut anging, auch mittels des Tubulus angesprochen werden konnte. Pizzicato-Anspruch ist hier natürlich nicht anwendbar. Der Tubulus musste so über die Bänder gehalten werden, dass seine Richtung wenig von der der Bänderebene abwich. In der Regel musste der Luftstrom, um stehende Schwingungen des elastischen Bandes zu erzeugen, so auffallen, dass die Kante des letztern durch ihn unmittelbar von dem Wachsleinwandbande abgetrieben wurde, wobei also jene hinter dem letztern liegt. Dann geräth das elastische Band, nachdem es vom Wachsleinwandstreifen abgehoben ist, in dieser abgehobenen Lage in Schwingungen, die offenbar das Band in ganzer Breite betheiligen, und welche nicht auf das Gegenlager aufschlagen. Der dabei wahrnehmbare Ton lag gewöhnlich in der eingestrichenen Oktave, erreichte aber auch zuweilen bei stärkerer Spannung die zweigestrichene. Durch stärkeres Blasen liess er sich um $\frac{1}{2}$ bis 1 Stufe erhöhen.



t Tubulus.
w Wachsleinwandstreif.
k Kautschukband.

Fig. 139.

In einem Falle, nachdem ich an meinem Apparate bei dieser Anspruchsweise schon den Ton a¹ erhalten hatte, darauf aber dem Bande, weil es mir nicht ganz exakt zu stehen schien, eine etwas stärkere Spannung gegeben hatte, war es mir schlechterdings unmöglich, auf diesem Wege von Neuem stehende Schwingungen zu erzeugen. Ich drehte nun, in der fast bestimmten Erwartung, abermals ein negatives Resultat zu erhalten, den Apparat herum, so dass der Wachsleinwandstreif durch den Luftstrom direkt sollicitirt und vom elastischen Bande abgetrieben werden musste. Aber siehe da, was vorhin nicht möglich war, gelang jetzt: es erschien ein Ton, genau von der Schwingungszahl, die jetzt zu erwarten war, nämlich c². Schon dachte ich, dass der Wachsleinwandstreif in stehende Schwingungen gerathen, oder dass das Phänomen ein Kanten- oder Luftton gewesen sei; allein bei genauerer Betrachtung — der Versuch liess sich leicht wiederholen — überzeugte ich mich, dass das Kautschukband,

trotz der ungewöhnlichen Anspruchsrichtung, in tönende Schwingungen versetzt worden war. Der Wachsleinwandstreif blieb so ziemlich unverrückt, und gab nicht das geringste Zeichen von Schwingungen; das elastische Band dagegen schien durch die von dem Wachsleinwandstreifen reflektirte Luftsäule abgetrieben zu werden, und schwang, wie gewöhnlich, d. h. mit Transversalschwingungen. Später überzeugte ich mich, dass doch die unmittelbare Einwirkung des Luftstroms auf das Kautschukband das Meiste zu dessen Schwingungen beitrug Der Bandrand krümmte sich dabei ebenso nach innen als nach aussen. Genauere Beobachtungen liessen sich leider nicht machen.

Mit dem Munde sprach ich dies Instrument in der Regel so an, dass die Unterlippe unter den Wachsleinwandstreifen, die Oberlippe über das Kautschukband zu liegen kam. Später, namentlich nach dem letztgedachten Versuche, kehrte ich das Instrument um, und erhielt dieselben Resultate. Bei einiger Uebung erschien ein fagottartiger Ton, der im Mittel dieselbe Schwingungszahl hatte, als der vorhin erhaltene Röhrenton, der sich aber, ebenso wie bei den Vorversuchen, durch Modifikationen des Lippendrucks und der Lufttension in einer der Stimmbandlänge angemessenen Ausdehnung erhöhen und vertiefen liess. Auch hier erzeugten die Schwingungen des Bandes einen unangenehmen Kitzel an der Lippe. Oft, und zwar, wie es mir vorkam, wenn der Lippenschluss um den Bandapparat nicht ganz exakt war, und etwas Luft neben demselben entweichen konnte, gesellte sich dem Bandtone ein tiefer, meist 1 Oktave tiefer liegender Interferenzton bei; zuweilen tönten sogar drei Töne, von denen der tiefste 1 Quinte unter der tiefen Oktave lag. Höhere (über dem Grundton liegende) Töne waren bei diesem kleinen Apparate nicht erzeugbar.

Um auch das Verhalten längerer Bänder, die auf diese Art vorgerichtet waren, zu untersuchen, und zugleich mit dem Auge dasselbe beobachten zu können, nahm ich einen runden Schachteldeckel, dessen Falz etwa 14½''' Durchmesser hatte, schnitt in diesen 2 senkrechte Spalten, die in derselben Weite von einander entfernt lagen, und klemmte in dieselben ein elastisches, 2'' breites Band nebst einem gleich grossen Wachsleinwandstreifen. Nachdem ich das elastische Band etwas angespannt, und überhaupt eine gleichmässige Anlagerung desselben zum Wachsleinwandstreifen, dessen Glottisfläche dem Bande zugekehrt war, erzielt hatte, stach ich hinter beide Klemmstellen je eine Nadel durch, so dass sich die Bänder während des Experimentirens nicht relaxiren konnten. Endlich schnitt ich aus dem Boden dieses Deckels ein Stück aus, das hinlänglich gross war, um das Verhalten der Bänder während der Schwingungen im Spiegel beobachten zu können. Nach diesen Vorrichtungen sprach ich den Apparat zuerst mit dem Tubulus so an, dass der Luftstrom das Kautschukband vom Wachsleinwandstreifen abtrieb. Der Tubulus musste in ziemlicher Entfernung (etwa 1'') von dem Bande gehalten werden, um stehende Schwingungen zu erzielen. Es wurde ein tiefer, anfangs seine Stufe etwas wechselnder Ton vernommen, der sich allmälig auf d feststellte und als Grundton zu betrachten war. Das Band trieb sich dabei vom unelastischen Streifen ab, und machte Schwingungen in ganzer Länge und Breite, ohne dass deren Rekursionen bis zur Bandebene zurückgelangten. Je nachdem die Wellenbildung durch einen mehr oder weniger komprimirten (beschleunigten) Luftstrom zu Stande kam, schwankte dieser Ton etwa zwischen e und B. Zuweilen, besonders anfangs, wenn diese tiefen Töne noch nicht recht ansprechen wollten, kamen hohe Töne, a^1 bis c^2, mit feinen Rand- oder Latitudinalschwingungen;

später, nachdem die Bänder feucht geworden waren, wollten dieselben nicht mehr erscheinen. — Wurde der Luftstrom zunächst auf das Wachsleinwandband dirigirt, so dass dies vom Kautschukband abgetrieben wurde, so erschien ein feiner schwacher Ton, anfangs b¹—h¹, später sich auf as¹ feststellend. Mittels des Hohlspiegels liess sich beobachten, dass es Latitudinalschwingungen waren, aber bei abgetriebener Lage des Bandes, wenn es eine Kurve darstellte. Durch Modifikationen des Anspruchs liess sich dieser Ton, besonders, wenn die Kurve hohler wurde, vertiefen, und wenn sie seichter wurde, erhöhen, und zwar innerhalb des Umfangs von e¹ bis h¹. Dabei wurde aber auch, was nicht zu übersehen, der Wachsleinwandstreifen merklich abgetrieben, so die Glottis erweitert, und dadurch zur Vertiefung des Tones beigetragen.

Mit dem Munde liess sich dieser Apparat, ebenso wie die mit den Fingern gehaltenen Bänder, entweder in Distanz oder mit Fassung ansprechen. Im ersten Falle waren verschiedene tiefe Töne zu erhalten, z. B. A, c, d, e, f u. s. w., je nachdem die Bänder weniger oder mehr von einander abgetrieben waren, und je weniger oder mehr die Anspruchsluft gespannt war. Gewöhnlich kam der Bandrand während der Exkursionen mit der Lippe in einigen Konflikt, ohne dass dadurch die Stufe des Tones verändert wurde. Einige Male war auch ein hoher Ton f¹ zu hören, der also nach dem andern Mechanismus erzeugt sein musste. Dabei war es so ziemlich gleich, ob das Kautschuk- oder das Wachsleinwandband oben lag. Im zweiten Falle, wo also die eine Bänderzone zwischen die Lippen genommen, von ihnen gefasst wurde, war ein Unterschied wahrzunehmen, je nachdem das elastische oder das unelastische Band unten lag. Lag das Kautschukband auf der Unterlippe, so war ich im Stande, eine Tonreihe von c bis c² fortlaufend hervorzubringen, je nachdem die Lippen weniger oder mehr auf die Bänder einwirkten, resp. dieselben zusammendrückten; wobei auch darauf etwas ankam, ob eine schmälere oder breitere Zone des Bandes zwischen die Lippen zu liegen kam. Die Schwingungen waren, wenigstens wenn der Anspruch mässig stark gegeben wurde, entschieden aufschlagende, da ich dieselben sogar nach Belieben in einzelne Stossgruppen zerlegen konnte; auch war das Timbre ein auffallendes, aufplatzendes, trommelartiges. Im Hohlspiegel konnte auch deutlich beobachtet werden, dass die Rekursionen des Kautschukbandes, soweit sie sichtbar waren, vollständig bis zum Wachsleinwandstreifen gelangten. Doch kamen auch Töne vor, wo dies nicht oder nicht in der ganzen Breite des Bandes stattfand, ohne dass jedoch deshalb die Stufe sich geändert hätte. Manche hohe Töne kamen dadurch zu Stande, dass nur ein Theil des elastischen Bandes sich während seiner Schwingungen vom Gegenlager abhob, bei andern machten sich die Aufschläge gar nicht geltend: diese fielen nämlich caeteris paribus höher aus. Lag das unelastische Band unten, so liessen sich die Schläge leichter vermeiden, und reine Gegenschlagschwingungen erhalten, namentlich für die höhern Töne. Wir kommen auf diesen Schwingungsmechanismus noch einmal zurück.

Hierauf ging ich zu elastischen Doppelzungen, die ebenso übereinander gelegt waren, über. Ich nahm also statt des Wachsleinwandstreifen auch eine Kautschukzunge von derselben Länge und Breite, wie die erstere, und befestigte sie auf die angegebene Weise in der Apertur des Herakleumschaftes. Bei den ersten Versuchen, die ich hierüber anstellte, schärfte ich mittels eines Rasirmessers an der Kante des einen Bandes ein Stück aus,

so dass dieselbe an der zunächst vom Luftstrom getroffenen Stelle etwas verdünnt wurde, und so von der des andern Bandes ein wenig abstand, was allerdings den Anspruch erleichterte. Später fand ich diese Vorbereitung, die übrigens an dem Elasticitätsverhältnisse des Bandes nichts ändert, und zu keiner Abweichung der Resultate der Versuche führt, überflüssig.

Wurde dieser Apparat mit dem Tubulus, der hierzu nur wenig schräg gehalten zu werden brauchte, angesprochen, so wichen die beiden Bänder von einander, geriethen in Schwingungen, die wenig Transversales zeigten, jedoch sich offenbar über die ganze Fläche erstreckten, mehr den latitudinalen anzugehören schienen, und den Ton e^2—f^2—g^2 gaben. Gewöhnlich erhält man von beiden Seiten so ziemlich denselben Ton: in einem Falle, wo die Spannung sehr gering war, differirten die Bänder um 1 Stufe von einander. Volle Transversalschwingungen schienen auf diesen kurzen Bändern nicht möglich zu sein. Beide Bänder schwingen gleichzeitig, wie sich mit den Augen deutlich erkennen lässt. Hielt ich den Tubulus mehr auf das vordere Band, als auf das hintere, so ertönte ein 1 Stufe höherer Ton, als wenn ich es bei sonst gleicher Lage gegen das andere Band hielt. Dasselbe fand bei Umdrehung des Apparats statt. Wenn ich während des Experiments das eine Band berührte, so dass es nicht exkurriren konnte, so erhöhte sich der Ton gleichfalls etwa um 1 Stufe, jedenfalls in beiden Fällen wegen Verengung der Glottis. Auch mit breitern Bändern (von $3\frac{3}{4}'''$) stellte ich diese Versuche an, im Allgemeinen mit demselben Erfolg, nur dass die Töne verhältnissmässig tiefer ausfielen (c^2—d^2).

Mit den Lippen liess sich dieser Apparat, ebenso wie der mit nur 1 elastischen Zunge versehene, nur bei Fassung ansprechen. Die Töne, welche hier erschienen, waren natürlich ungleich klangvoller und reiner, als die Röhrentöne. Von den mit einfacher elastischer Zunge erhaltenen Tönen unterschieden sich diese durch ihr Timbre, weniger durch ihre Schwingungszahlverhältnisse. Die Tonstufe stimmte so ziemlich mit der der Röhrentöne überein. Der Ton liess sich durch Modifikation des Anspruchs innerhalb eines Umfangs von mindestens 1 Oktave variiren, namentlich in die Höhe (bis f^3) treiben, weniger vertiefen. Interferenztöne, über deren Mechanismus wir weiter unten genauer sprechen wollen, gesellten sich bei nicht ganz genauem Lippenschluss oft bei: ein bestimmtes Tonintervall liess sich dabei nicht heraushören. Der Mechanismus der Schwingungen war freilich an diesem Apparat nicht erkennbar, doch habe ich Grund anzunehmen, dass beide Bänder dabei gleichmässig betheiligt sind, und nicht aufschlagende Schwingungen vollbringen.

Zahlreicher fielen die Phänomene aus, nachdem ich zwei gleich konditionirte $2'''$ breite Bänder über den schon erwähnten gefensterten Schachteldeckel spannte, und so eine $14\frac{1}{2}'''$ lange stehende Stimmritze herrichtete.

1) Röhrenanspruch. Hier ist es meist nöthig, dass man vorher die Randzone des einen Bandes mittels eines scharfen Rasirmessers etwas ausschärft: der Anspruch, namentlich für das tiefe Register, wird dadurch sehr erleichtert. Der Tubulus wird etwas hoch und unter einem wenig vom gestreckten abweichenden Winkel über die Glottis gehalten. Anfangs, wenn die Bänder noch trocken sind, bekommt man bloss hohe Töne, f^1 bis c^2, wobei zu bemerken, dass der Ton sich hier mit Erweiterung der Glottis vertieft, bei Verengung derselben erhöht: ich habe diesen Uebergang während eines und desselben Blasversuchs mehrmals deutlich beobachtet. Zu-

weilen gelingt das tiefe Register besser mit freiem Mundanspruch, als durch den Tubulus. — a) Tiefes Register. Scheint nur anzusprechen, wenn die Bänder vollkommen durchfeuchtet sind, wenigstens gelang es mir nicht eher. Die Schwingungen sind gewöhnliche, transversale, sie schlagen nicht auf, brauchen es wenigstens nicht, werden aber auch, wenn gelegentlich vom andern Bande her Schläge vorkommen, dadurch nicht sonderlich verändert. Dies Register kann von beiden Bändern gleichzeitig ausgeführt werden, die Glottis erscheint dann, wie oben (S. 492); dabei scheinen beide Bänder ihre Exkursionen gleichzeitig nach einer und derselben Richtung zu machen, gleichsam als ein Doppelband, nicht als Doppelzunge, ohne dass jedoch die Bandflächen dabei einander decken; oder es kann von einem Bande allein bewirkt werden, wie ich mich überzeugte, als ich das eine Band (das vordere, mir beim Versuch zugekehrte) am Schwingen verhinderte. Die Schwingungszahl der hierher gehörigen Töne liegt sehr tief, c, d, e u. s. w., sie kann sogar bis in die grosse Oktave herabsteigen, wenigstens wenn die Spannung der Bänder eine hinlänglich schwache ist. Der Anspruch muss im Allgemeinen stärker sein, als für das hohe Register; oft lautet erst ein diesem letzteren angehöriger Ton vorher, bevor der tiefe folgt. Das Intervall beträgt dann meist über 1 Oktave. — b) Hohes Register. Dies ist im Allgemeinen leichter, namentlich auch an trocknen Bändern, zu erhalten. Die Bänder werden auseinander getrieben, wie beim vorigen Register, die Schwingungen sind sehr klein, wie mir scheint mehr den Latitudinal- als den Transversalschwingungen angehörig, denn sie erstrecken sich gleichmässig über die ganze Bandfläche, ohne dass auf der Höhe der Kurve mehr von Exkursionen zu bemerken wäre, als an den dem Rahmen benachbarten Kantenpartien. Man kann daher während dieser Schwingungen durch die Glottis hindurch sehen, was beim vorigen Register nicht möglich ist. Ferner weichen bei diesem Register beide Bänder stets (wenn auch bei schwachem Anspruch nur wenig) von einander, das hintere allerdings mehr, als das vordere, weil das letztere erst durch reflektirte Luft auswärts getrieben werden muss. Dies Register scheint immer die gleichzeitige Betheiligung beider Bänder zu erfordern; wenigstens gelang es mir nicht, einen ihm angehörigen Ton zu erzeugen, wenn ich das vordere Band am Schwingen verhinderte. Die Schwingungszahl liegt mindestens 1 Oktave, meist $1\frac{1}{2}$ bis 2 Oktaven höher, als das unter sonst gleichen Verhältnissen gebildete tiefe Register. Auch hier bestätigte sich das schon vorhin aufgestellte Gesetz, dass der Ton durch wachsende Weite der Glottis sich vertieft, bei abnehmender sich erhöht.

Gar nicht selten kam bei meinen Versuchen die sonderbare Erscheinung vor, dass zwei Töne sich bildeten, von denen der eine dem tiefen, der andere dem hohen Register angehörte. Ersterer schien vom hintern, letzterer vom vordern Bande geliefert zu werden. Ich schreibe diese Erscheinung dem Umstande zu, dass der Röhrenanspruch immer etwas schief auf die Bandränder auffallen muss, und dass daher immer nur das eine (das hintere) Band direkt vom Luftstrom auswärts getrieben wird, während das vordere direkt einwärts getrieben wird, und nur indirekt durch die in die Glottis getriebene Luft in auswärts gehende Exkursionen versetzt werden kann. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, schob ich in das Mündungsstück meines Tubulus ein aus Federkiel geschnittenes Septum, wodurch der ausfahrende Luftstrom in 2 etwas seitlich von einander weichende Stromhälften

getheilt wird, und sprach dann die Bänder so an, dass ich diesen Tubulus gerade über die Bänder, also in einem gestreckten Winkel zu ihrer Ebene hielt. Auf diese Art liess sich der Anspruch auf beide innere Flächen der Bänder gleichförmiger herstellen, und jene Mischtöne vermeiden.

2) Mundlippenanspruch. Dieser kann ohne, oder mit Berührung oder Fassung der Bänder stattfinden Im erstern Falle verhält sich die Sache so ziemlich, wie bei Anwendung des Tubulus, wenn dadurch das tiefe Register erzielt wird. Diese tiefen Grundtöne (z. B. c, d, e) sind wegen der unsichern Richtung des Mundluftstroms nur gelegentlich und meist bald abbrechend zu erhalten; sie verhalten sich ihrem Schwingungsmechanismus nach genau wie die durch Tubulus erhaltenen Töne des tiefen Registers. Sobald aber die Bänder oder nur eines derselben nur etwas mit den Mundlippen oder einer Lippe in Berührung kommt, da tritt sofort ein gewöhnlich 1 Oktave höherer Ton ein, der die tiefste Stufe des bei dem Lippenfassanspruch sich bildenden Registers darstellt. Oft, und zwar wenn nur das eine Band von der Mundlippe berührt wird, ertönen 2 Töne, ein tiefer und ein 1 Oktave höherer. Im zweiten Falle, wenn also die Bänder wirklich von der einen Kantenzone aus mit den Lippen gefasst werden, und zwischen die so gefassten Bänder ein Luftstrom getrieben wird, bilden sich, ebenso wie an frei zwischen den Fingern gehaltenen Bändern Schwingungen, die, wie es scheint, aus transversalen gegenschlagenden und aus aufschlagenden zusammengesetzt sind. Da aber letztere ihrem übrigen Verhalten und schon ihrem äussern Auftreten nach von den bisher beschriebenen aufschlagenden Schwingungen sehr abweichen, so wollen wir die gegenwärtigen Schwingungen, weil sie zwischen den Lippen des Mundes (auf andere Art dürften sie schwerlich zu erzeugen sein) gebildet werden, zwischenschlagende nennen. Im Hohlspiegel betrachtet erscheinen diese Schwingungen wenig ausgiebig, die Exkursionsweite nicht bedeutend, auch beim Forte nicht; ein Zusammenschlagen beider Bänder lässt sich (wenigstens bei den guten, normalen Tönen) nicht nachweisen, wie bei den aus einer elastischen und einer unelastischen Zunge bestehenden Apparaten; man sieht zwischen beiden Bändern einen dunkeln Streifen. Was aber zwischen den Lippen vorgeht, kann man freilich nicht sehen, sondern nur fühlen. Es sind gleichsam erstickte Transversalschwingungen, wobei Schläge auf die beiden Lippen stattfinden, und wohl auch eine Art Zusammenschlag beider Bänder selbst, wenn auch nur an der äussersten Randzone, zu Stande kommen mag. Vielleicht ist es nur ein Rudiment, auf diese Zone beschränkt, dessen, was bei dem Wachsleinwandapparate in ganzer Breite des Bandes statt fand; und dieser eigenthümliche Mechanismus giebt nun dem ganzen Schwingungsvorgang eine eigenthümliche Färbung, wenn auch die Schwingungszeit wenig von der der hohen bei freien Bändern durch Tubulus erzielten Registertöne abweicht. Ferner ist im Spiegel deutlich zu beobachten, dass zwischen den Aussenflächen der Bänder, besonders des untern, und den Lippen immer ein hohler wilde Luft ergiessender Raum bleibt, dass also die Fassung der Lippen eine nur lokal auf die Bänder einwirkende ist. Eine sonstige Einwirkung beider Organe auf einander findet gleichfalls nicht statt. Diese Töne, welche wenigstens für gefasste zweilippige Apparate dieser Art als normale zu betrachten sind, lassen sich in bedeutender Ausdehnung abstufen, ohne dass an der Längenspannung des Apparats das Geringste geändert wird. Bei dem mir eben vorliegenden Apparate ist eine Reihe von d^1 bis a^2 möglich. Aber es

ist noch ein zweites Register hier möglich, das sogenannte Interferenzregister, oder die tiefen Schlag- oder Schnarrtöne, welche oft die Normaltöne unterbrechen, oder zeitweise begleiten und unrein machen. Das Phänomen, soweit es sichtbar ist, haben wir bereits kennen gelernt. Bei gegenwärtiger Gelegenheit überzeugte ich mich mittels des Hohlspiegels, dass bei der Bildung dieser Töne oder Geräusche kein primärer Aufschlag des einen oder beider Bänder auf die Mundlippen stattfindet, sondern ein stellenweises Zusammenschlagen beider Bänder, wodurch auch der eigenthümliche dreifache Streif dem Auge wahrnehmbar gemacht zu werden scheint. Ein vollständiges Zusammenschlagen beider Bänder der ganzen Fläche nach ist nicht möglich, es findet immer nur ein partielles statt, ebenso wie beim Wachsleinwandapparate, bei dessen Tönen allerdings das Aufschlagen eine noch bedeutendere Rolle zu spielen scheint, als bei den gegenwärtigen Tönen. Es scheint von der Stelle abzuhängen, an welcher die Aufschläge stattfinden, ob der von ihnen bedingte Ton gerade eine Oktave tiefer, als der durch die gegenschlagenden Schwingungen erzeugte, ausfallen, oder ob das Intervall ein kleineres oder grösseres werden soll. Ueberhaupt geben die Aufschläge nur unter gewissen Bedingungen einen Ton, nämlich wenn sie schnell genug einander sukcediren, was nicht anders möglich ist, als wenn nur eine kleine Stelle oder eine dünne Zone der Bänder gegen einander schlägt. Bei dem für tiefe Zwischenschlagtöne erforderlichen Anspruch kommt es wohl nie zu tonfähigen Aufschlägen: dazu sind die Bänder zu schlaff oder zu wenig komprimirt, die Klappen sukcediren einander zu langsam, es berühren sich zu grosse Flächen u. s. w.; die besten durch solche Aufschläge erzeugten Interferenztöne begleiten immer die höhern und höchsten Normaltöne der in Rede stehenden Apparate. Den nächsten Impuls zur Erzeugung dieser Schlagtöne scheint die zwischen der äussern Bandfläche und der Mundlippe durchstreichende Luft abzugeben. Genauere Untersuchungen über den Mechanismus dieser Schlagtöne müssen späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

b. Mit divergirenden Bändern. Dachförmige Apparate.

1) Jetzt änderte ich den erstgebrauchten kleinern Apparat so ab, dass beide Bänder nur an der einen Kante sich berührten, ihre Flächen dagegen von einander sich entfernten. Hierzu nahm ich jenes Rohrstück, schnitt die beiden Klemmspalten in einer Länge von etwa $1\frac{1}{2}$ ''' keilförmig aus, zog dann wieder 2 elastische Bänder von 2 ''' Breite ein, und trieb dann einen kleinen Holzkeil zwischen dieselben an beiden Klemmstellen, so dass sie nur mit ihrer untern Zone sich berührten, nach oben dagegen etwa $\frac{1}{2}$ ''' von einander abstanden. Der Anspruch wurde dadurch erleichtert *), auch, wenn wir wollen, das Instrument dem menschlichen Kehlkopf etwas ähnlicher gemacht.

Mit dem Tubulus in etwas von der Glottis aus nach aussen schräger Richtung angeblasen gab das eine oder andere Band so ziemlich den Ton der Stimmgabel = a^1. Die Schwingungen verhielten sich den an frühern Apparaten

*) Nach Harless' Versuchen ist etwas mehr Druckkraft erforderlich, um völlig horizontal gelegene Zungen bei senkrecht auffallendem Anspruch zum Tönen zu bringen, als bei unter einem Winkel von 27° gegen den Horizont gestellten, und ums Doppelte mehr, als bei unter einem Winkel von 50° gegen einander geneigten Zungen.

auf ähnliche Art erhaltenen analog; an ein Aufschlagen war hier nicht zu denken. Anders beschaffene Töne waren vorläufig nicht zu erhalten.

Mit dem Munde gelang der Anspruch ungleich besser und leichter, als bei den vorigen Apparaten. Der Mittelton war bei Lippenfassanspruch ebenfalls a^1. Durch Modifikation dieses Anspruchs war ein Register von Tönen im Umfange von f^1 bis f^2 möglich, also eine ganze Oktave, ohne dass an der Länge und Spannung der Bänder das Geringste geändert worden wäre. Die untern, besonders aber die mittlern Töne dieses Registers liessen sich vom *p* bis *f* anschwellen; die hohen wurden bei stärkerem Pressen durch Schlagtöne etwas unrein oder interferirt.

2) Hierauf nahm ich ein ringförmiges Segment von einer hölzernen Röhre, und schnitzte auf dessen einer Schnittfläche zwei einander gegenüberstehende dachförmige Vorsprünge (Fig. 140 A).

Ueber und zwischen diese Dachflächen, welche 10‴ von einander abstanden, wurden nun zwei sehr breite elastische Membranen so gespannt, dass nicht nur die ganze Apertur dieses Holzrings vollständig gedeckt wurde, sondern auch die Stimmspaltkante etwa 1‴ höher, als die Spitzen *a* und *b*, emporragte, und die Glottiszonen der beiden Bänder ziemlich in gleicher Breite einander berührten oder neben einander lagen. Es sollte auf diese Art eine mögliche Stimmritzenform des menschlichen Kehlkopfs nachgeahmt werden, und in der That liess sich, wenn man dies Mundstück von unten aus betrachtete, eine gewisse Aehnlichkeit mit dem ebenso betrachteten Kehlkopf nicht abweisen. Die Befestigung und Anspannung der Bänder auf die Randfläche des Holzrings wurde mittels mehrerer Stecknadeln, später mittels Heftpflasters bewirkt.

Beide Bänder gaben, mit dem Tubulus so angesprochen, dass die Windrichtung schief auf die Stimmspalte fiel, und der Rand des nicht tönen sollenden Bandes etwas durch den Luftstrom niedergedrükt wurde, den Grundton $e^1 — f^1$.

Wurde der Apparat mit vollem Munde, natürlich von unten, angeblasen, so gelang auf keine Weise ein Ton, mochte der Anspruch *p* oder *f* gegeben werden. Die beiden Lippen wichen auseinander, aber in stehende Schwingungen geriethen sie nicht.

Um nun verlorner Weise, wie ich gefasst war, doch noch etwas zu versuchen, bevor ich an diesem Apparat (der beiläufig möglichst untadelhaft vorgerichtet worden war und nirgends durch eine Nebenlucke und dergl. zu einer falschen Stimmritze Anlass geben konnte) anderweite Veränderungen vornahm, suchte ich für dieses Mundstück eine Art Windrohr, um zu sehen, was daraus würde. Ich fand unter meinem Kram gerade nichts Passenderes, als einen (Schmalz'schen) Ohrspiegel, in dessen Apertur das Mundstück sich gut einsetzen liess, und gerade darein passte. Der Apparat sah nun von der Seite betrachtet so aus, wie Fig. 140 B.

Ich bliess denselben nun von der engen Oeffnung *e* aus an, und siehe da, es erfolgte augenblicklich, also weit leichter, als bei irgend einem der vorigen Versuche, ein schöner, weicher, wohlklingender Ton, der bei Piano-Anspruch die Tonstufe d^2 hatte, also eine Sexte oder Septime höher stand, als der mit dem Tubulus erhaltene Grundton *). Durch allmäliges Verstärken des Luftanspruchs vertiefte sich dieser Ton bis auf h^1.

*) Dieser Versuch ist mir von Wichtigkeit, weil er der erste war, bereits vor

Die Schwingungen verhielten sich, wie die bereits früher bei den einlippigen Versuchen g—k erhaltenen. Die Membranen schwangen in einer gewissen Breite mit ihrer Glottiszone gegen einander.

Auf den Grad der Feuchtigkeit oder Trockenheit der Bänder kommt es hinsichtlich des Tonanspruchs hier fast gar nicht an. Ein gut konstruirtes Mundstück spricht augenblicklich an, also wenn es noch vollkommen trocken ist.

Wenn die Membranen sehr schlaff ohne alle eine Verlängerung über den Gleichgewichtszustand derselben bewirkende Spannung auf den Rahmen befestigt sind, wie dies z. B. der Fall ist, wenn (wie ich später that) dieselben mittels Heftpflasters auf den Rahmen geklebt werden, so kommt es oft vor, dass beim gewöhnlichen Anspruch keine Schwingungen erhalten werden können. In diesem Falle muss man den Mangel an Längenspannung durch Breitenspannung, d. h. dadurch zu ersetzen suchen, dass man die Bandkanten gegen einander drückt: auf diese Art gelingt die Tonbildung sofort.

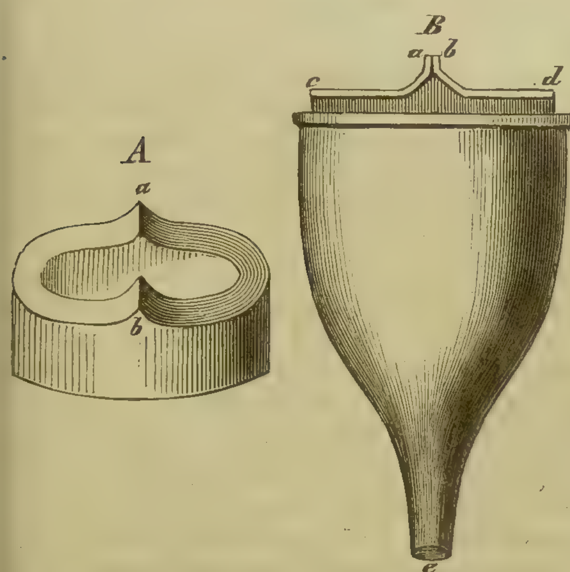


Fig. 140.

Wenn ich das eine Band dadurch, dass ich es durch einen festen Körper niederhielt, oder in einer Entfernung von etwa 1‴ von seinem freien Rande ab die Kante eines dünnen Bretchens auf dasselbe legte, fixirte, und mehr oder weniger schwingungsunfähig machte, so schwang das andere Band allein, und zwar mit einer Schwingungszahl, die ½ bis 2 Stufen tiefer stand, als die des von beiden Bändern erzeugten Tones. Je stärker man den Dämpfer aufsetzt, und je mehr man die Tension des Luftstroms verstärkt, desto tiefer fällt der Ton aus und umgekehrt. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass durch dieses Anschieben des gedeckten Bandes an das andere ersteres die Rolle eines ziemlich festen Gegenlagers übernimmt, ohne dass es zur Erzeugung der Tonschwingungen mehr Luftdruck bedarf. Selten beträgt aber die Tonvertiefung in diesen Fällen mehr als 1 bis 1½ Stufen.

Den gerade entgegengesetzten Erfolg beobachtete ich, wenn ich beide Bänder mit 2 solchen Bretchen theilweise dämpfte, so dass sie nicht mehr in der bisherigen Ausdehnung ihrer Breite nach schwingen konnten, sondern nur so weit, als die Entfernung vom Dämpfer bis zum freien Band-

den damit verwandten an einlippigen und zweilippigen in gleicher Ebene liegenden Apparaten vorgenommenen Versuchen angestellt, durch welchen ich das hohe, auf gegenschlagenden Schwingungen beruhende Register entdeckte. Ausserdem ist er von Bedeutung wegen des grossen Einflusses, den ein kesselartiges Windrohr auf das Zustandekommen von stehenden Schwingungen elastischer Zungenwerke überhaupt ausübt.

rande betrug. Dieser Ton wird höher, nach Maassgabe des Drucks der beiden Dämpfer gegen einander, so wie auch bei wachsender Annäherung derselben gegen den Glottisrand. So war ich an einem Apparate, der im Indifferenzzustande den Ton cis ^{2} oder d ^{2} gab, im Stande, durch allmäliges Vorrücken und Gegendrücken der Dämpfer den Ton durch alle Zwischenstufen bis auf seine höhere Oktave zu erhöhen, ohne dass also an der Länge und Längenspannung der Membranen das Geringste geändert worden wäre. Die Töne waren sämmtlich gut und stark Rechnet man hierzu die Vertiefung des Normaltons durch Verstärkung des Anspruchs, welche bis 4 volle Stufen betragen kann, so erhält man einen Tonumfang von 1 $^1/_2$ Oktave bei gleichbleibender Längenspannung.

In andern Fällen gelang es mir nicht, durch sukcessives Decken und Gegendrücken der Bänder den Ton um ebenso viele Stufen zu erhöhen: dafür stellte sich, wenn diese Manipulation bis zu einem gewissen Punkte vorgeschritten war, ein neues Register ein; der Ton sprang, die Bänder schwangen nur noch an den Rändern, ohne merkliche Transversalbewegung, das Timbre des Tones hatte sich geändert. So gab ein dachförmiger Apparat, der sich von dem oben beschriebenen dadurch unterschied, dass das elastische Zungenmaterial aus nur einer Membran bestand, in welche eine Stimmritze geschnitten war, und welche mit vielen Nadeln auf den bekannten Rahmen befestigt worden war, beim Anblasen mittels des Windkessels, aber auch nur wenn beide Lippen gelind gegen einander geschoben wurden, den mittlern Ton e ^{2}, der sich durch Modifikation dieses Gegendrucks in einem Umfange von d ^{2} bis a ^{2} variiren liess; später mit Hülfe eines dem Windkessel angesetzten Windrohrs auch ohne jenes Gegeneinanderschieben den Ton c ^{2}, doch auch nur bei etwas kräftigem Anspruche. Hier liess sich dieser Normalton mittels Deckens oder Dämpfens beider Membranhälften oder Gegeneinanderschiebens derselben nicht leicht weiter, als bis e ^{2} erhöhen, also eigentlich, wenn man bedenkt, dass jenes c ^{2}, weil nur durch stärkern Anspruch erzeugbar, schon einen vertieften Ton darstellt, so viel wie gar nicht: dafür erschienen aber bei weiter getriebener Deckung der Membranen durch Sprung weit höhere, also einem andern Register angehörige Töne, nämlich b ^{2}— d ^{3}. — Vergleichen wir damit die mit in einer Ebene liegenden Doppelbändern angestellten Versuche, so finden wir eine bemerkenswerthe Analogie. S. S. 438. Wir haben also auch hier, wie dort, drei Register kennen gelernt: 1) Das Grundregister, bis jetzt freilich nur mittels des Tubulus erhalten; 2) das Gegenschlagregister, als normales für diese Apparate zu betrachten; 3) das hohe Falsetregister mit schwebenden Randschwingungen.

Dagegen unterscheiden sich die gegenwärtigen Apparate von den frühern ganz auffallend dadurch, dass hier von Interferenztönen, bis jetzt wenigstens, noch nichts beobachtet worden ist.

Was den Einfluss der Vor- und Ansatzrohre auf die Schwingungen der dachförmigen Doppelzungen anlangt, so ist derselbe verhältnissmässig ein sehr auffallender. Meine bis jetzt hierüber gemachten Erfahrungen sind folgende.

Wenn dem Windkessel noch ein 7 $^1/_2$″ langes Windrohr vorgesetzt wurde, so fiel der Ton um 1 bis 1 $^1/_2$ Tonstufe. Weitere Verlängerung des Windrohrs bewirkte keine grössere Tonvertiefung. Sehr lange Windrohre hatten

die Wirkung, dass bei Piano-Anspruch der gewöhnliche oder anfängliche Ton erschien, der aber crescendo plötzlich in die tiefere Stufe umsprang.

In einem andern Falle, wo die Membranen mittels Heftpflasters dem Rahmen aufgeklebt worden waren, vertiefte ein Windrohr von kaum 4" Länge den Ton um mindestens 2 Stufen, bei Wiederholung sogar um 3—4 Stufen. Längere Rohre hatten keinen weiter vertiefenden Einfluss. Immer wurde durch ein mässig langes Windrohr, wie schon erwähnt, der Anspruch, d. h. das Zustandekommen der Tonschwingungen überhaupt, erleichtert, und der Ton voller und stärker.

In einem dritten Versuche dieser Art, wo ich etwas dünnere Bänder aufgeklebt hatte, gelang es mir auch, anstatt des Windkessels (Ohrspiegels) mittels gleich kalibrirter Windrohre Töne auf dem Mundstück zu erzeugen, und zwar bei 3" 4‴ Länge*) und einer Weite, die etwas geringer war, als die des Mundstücks, den Ton g^2, bei 4' 4‴ Länge f^2. Mit dem Ohrspiegel angeblasen erschien der noch tiefere Ton e^2—es^2. Dieser Ton vertiefte sich weiter durch ein dem Ohrspiegel angesetztes Windrohr von 2" 9‴ auf d^2, und durch ein Rohr von 6" auf c^2. Bei weiterer Verlängerung bis 8½" sprang der Ton auf f^2, worauf weitere Vertiefung auf e^2—d^2 erfolgte.

Von Ansatzrohren versuchte ich gleichkalibrirte und sich nach aussen verengende oder theilweise gedackte. Erstere hatten sehr wenig Einfluss; eins dergleichen von 12" Länge, dem mit Windkessel versehenen Apparate angesetzt, änderte an der Tonhöhe gar nichts; bei gleichzeitiger Anwendung eines vierzolligen Windrohrs fügte ein Ansatzrohr von 2⅔" Länge der durch das Windrohr bewirkten Tonvertiefung noch etwa ½ Stufe fernere Vertiefung hinzu, wohl aber wurde hier durch das Ansatzrohr der Ton voller und schöner — leider habe ich nicht angemerkt, aus welchem Material es bestand.

Dieselbe Wirkung hatten die vom Mundstück ab sich verengenden oder nach aussen bis auf eine enge Mündung gedackten oder sich in einen engern Kanal fortsetzenden Ansatzrohre. Wurde dem mit Windkessel versehenen Mundstück ein 2½" langes Ansatzrohr angefügt, das nach aussen bis auf eine 1½‴ weite Oeffnung gedackt war, so fiel der Ton um ½ Stufe, und wurde dadurch dumpf, wie ein Bauchrednerton: er klang, als ob er aus einer weiten Entfernung käme. — Wurde ein Ansatzrohr benutzt, das sich vom Mundstück ab bald konisch bis auf eine enge Oeffnung verengte oder sich in gleicher Weise in einen engen Kanal fortsetzte, so wurde oft, wenn die Bänder vorher keinen kräftigen Ton mehr gaben, alle Tonbildung sofort sistirt. — Wurde derselbe (mit Windkessel versehene) Apparat mit einem Ansatzrohr versehen, das nur etwa 10‴ lang in einer dem Durchmesser des Mundstücks gleichkommenden Weite fortging, dann rechtwinklich sich in einen weit engern 3½" langen Kanal fortsetzte, so blieb der Ton unverändert. Wurde aber der Windkessel abgenommen, und das Mundstück unmittelbar in dieses Ansatzrohr gesetzt, und direkt mit dem vollen Munde angeblasen, so erschien, zwar nicht augenblicklich, ein voller klingender, anders gefärbter Ton, welcher 4 bis 5 Stufen tiefer lag, als der vorige Primärton. In einem andern Falle mit dünnern Bändern (s. oben), wo ich das Mundstück umgekehrt in den Ohrspiegel setzte und von hinten anblies, betrug die Vertiefung gegen den Windkesselanspruch 1 grosse Tertie, doch liess sich dieser Ton (c^2) durch fernere Ansätze noch um 1 volle Stufe vertiefen. Diese Vertiefung

*) Kürzere Windrohre dieser Art erlaubten keinen Tonanspruch.

(b^1) trat etwa bei 6 ' Ansatzrohr ein: weitere Verlängerung desselben ergab erst Null, dann Sprung auf c^2 zurück. Diese Beobachtungen sind nicht nur wegen der unverhältnissmässig grossen Vertiefung des Tones, die beiläufig die Stufe des durch Tubulus zu erhaltenden Grundregisters so ziemlich erreichte, sondern auch deshalb interessant, weil sie ein zweites Mittel uns an die Hand geben, Mundstücke, welche isolirt nicht zum Ansprechen zu bringen sind, in tönende Schwingungen, und zwar weit langsamere, als die mit Windkessel erhaltenen, zu versetzen *).

Ferner steckte ich in die äussere Mündung eines gleich weit bleibenden mit dem Mundstück verbundenen Ansatzrohrs ein neues, mit ebener Doppelzunge versehenes Mundstück. Es erschien beim Anspruch des dachförmigen, mit Windkessel versehenen Mundstücks wiederum ein wie aus weiter Ferne klingender Ton, dessen Stufe eher ein wenig höher, als tiefer lag, als bei offenem Ansatzrohr. An der obern Stimmritze selbst war keine andere Veränderung wahrzunehmen, als eine kleine Erweiterung oder Abweichung der beiden Bänder von einander.

Um diesem erhöhenden Einfluss der Ansatzröhre mehr auf die Spur zu kommen, steckte ich das mit Windkessel versehene Mundstück in ein allmälig bis auf 7''' sich verengendes Rohr, das die Glottis $1^1/_2$'' überragte. Dieses Rohr brachte keine merkliche Tonveränderung hervor, nur wenn der Anspruch sehr schwach gegeben wurde, kam ein Vorton, der 1 Tertie höher lag (a^2), aber crescendo in den vorigen Vollton f^2 übersprang. Wenn ich dagegen die Apertur des Ansatzrohrs mit einem Eichelkelch bedeckte, in dessen Grund eine lanzettförmige Glottis von 5''' Länge und 2''' Breite geschnitten war da kam jener Vorton a^2 mehr zur Geltung, ebenso wenn ich jener Apertur ein mit einem Kanale von 3''' Weite durchbohrtes Holzstück luftdicht aufsetzte. Am deutlichsten trat aber dieser Hochton, und zwar noch um 1 Stufe erhöht (g^2) hervor, wenn ich in die Apertur des Ansatzrohrs einen kurzen Holzstöpsel von 1'' Länge einsetzte, so dass er $^1/_2$'' überragte, welcher mit einem Kanale durchbohrt war, der $5^1/_2$''' weit nach aussen sich auf 7'' erweiterte. Auch findet diese Erscheinung statt, wenn das Mundstück (mit Windkessel) für sich — was oft vorkommt — keinen legitimen Ton mit gegenschlagenden Schwingungen mehr geben will; dann wird erst durch Ansatzrohr-, nicht durch Windrohrverlängerung, der Anspruch mit verändertem Timbre möglich. Der hier erscheinende Ton scheint nämlich nicht durch gegenschlagende Schwingungen, sondern bei offener Glottis zu entstehen. Denn auch ohne Ansatzrohr erkennt man hier beim Anblasen des Mundstücks, dass die Bänder bei geöffneter Glottis einen Ton zu geben bemüht sind, dessen Stufe man, obwohl er noch nicht entwickelt ist, doch ziemlich deutlich unterscheiden kann. Zur Entwickelung kommt er eben erst durch ein Ansatzrohr von obiger Beschaffenheit. Freilich ist eine Okularuntersuchung hier nicht möglich: gläserne Ansatzrohre habe ich hier noch nicht angewandt. Dagegen der normale durch gegenschlagende Schwingungen erzeugte Bänderton des Mundstücks wird durch konisch sich verengende Ansatzrohre eher ein wenig vertieft, wenigstens nicht erhöht. Wenn aber auf einen schon durch Windrohr vertieften Ton dieser Art ein (konisches) Ansatzrohr einwirkt, das, so wie vorhin, mit dem gedachten Holzstöpsel versehen ist, so wird, wie erwähnt, bei schwachem Anspruch ein Ton erscheinen, der so ziemlich die Stufe des nicht mit Windrohr (aber mit Windkessel) versehenen Mundstücks einnimmt, welcher aber crescendo in den Vollton, wie er mit blossem Windrohr erschien, überspringt. So gab bei einer Wiederholung des obigen Versuchs

*) Vergleiche damit den 5. der Versuche über den Einfluss der Rohransätze der ebenen Zungenapparate.

(mit neuen, genauer präparirten, dünnen Bändern) das Mundstück mit Windkessel den Ton e^2, mit 6 ′ Windrohr (dem Windkessel vorgesetzt) c^2, bei Zufügung des obigen Ansatzrohrs den Piano-Ton e^2, der aber bei stärkerem Blasen in den Vollton c^2 umsprang. Doch liess sich dieser Sprung vermeiden, oder durch geeignete Verengung und andere Modifikationen jener Ansatzstücke ein sukcessiver Uebergang vermitteln. Setzte ich dem ersten Ansatzrohrstück von $1\frac{1}{2}$″ einen mit kaum 3‴ weitem Kanale durchbohrten Obturator auf, so stieg der anfängliche Ton c^2 nur auf d^2, ohne crescendo sich wieder nach c^2 vertiefen zu lassen. Wurden dem ersten Ansatzrohre allmälig längere Stücke angesetzt von 2 und 3″, so fiel der bis e^2 oder f^2 erhöhte Ton ganz sukcessiv wieder bis dis^2, blieb auf dieser Stufe bis etwa 6 ′, bis er bei einer Gesammtlänge des Ansatzrohrs von $9\frac{1}{2}$″ auf c^2 zurückkam. Eine neue Erhöhung durch weitere Verlängerung, wenigstens bis 13—14″, habe ich nicht beobachtet, obwohl sich an deren Möglichkeit nicht zweifeln lässt.

Versuche, die Röhrentöne dieser Apparate durch Rohransätze zu vertiefen, habe ich noch nicht gemacht.

Soweit gehen meine Beobachtungen an diesen Apparaten. Vergleichen wir deren Ergebnisse mit den an den ebenen Doppelzungen erhaltenen, so stellen sich besonders folgende Unterschiede heraus.

Von Blastönen sind nur zwei Register beobachtet worden, das gegenschlagende und das Druckregister. Das Grundregister scheint nicht möglich zu sein. Das gegenschlagende liegt, wie sich berechnen lässt, eine Oktave höher, als die durch den Tubulus erhaltenen Grundtöne. Immer war bis jetzt ein Windkessel oder ein nicht gar zu kurzes Ansatzrohr erforderlich, um überhaupt auf dem Mundstück einen Ton, der dann immer ein Paar Stufen tiefer liegen muss, als der oberste oder Primärton des genannten Registers, zu erhalten. Zuweilen, wenn die Bänder zu schlaff sind, sind längere Rohransätze nöthig, damit überhaupt dergleichen Töne erhalten werden. In diesem Falle scheinen in dem Rohransatze primäre Längenwellen erregt und durch diese sekundär, wie es scheint, die Bänderschwingungen des Mundstücks provocirt zu werden, welche sich von den gewöhnlichen transversalen dadurch zu unterscheiden scheinen, dass die Glottis offen stehen bleibt, und nur die Kanten schwingen.*) Diese Töne bilden den Uebergang zu den Pfeiftönen der Kautschukbänder. Sie werden durch Ansatzrohre erhöht, was die durch reine gegenschlagende Zungenschwingungen erhaltenen nicht, oder nur unter gewissen Bedingungen zulassen. Das Druckregister wird durch Aliquotschwingungen der Bänder der Breite nach erzeugt, wie das analoge Register der ebenen Apparate; seine Tonlage ist etwa eine Oktave höher als die des Gegenschlagregisters. Interferenztöne fehlen. Die Vertiefung durch Rohransätze geschieht so ziemlich nach denselben Gesetzen, wie bei den ebenen Bändern: erhöht wird das erste Register durch doppelten Rohransatz nur dann, wenn das Windrohr länger ist, als das Ansatzrohr, ebenso wie wir dies bei den in einer Ebene liegenden Doppelzungen beobachtet haben.

c. Versuche mit Duplikatur-Bändern.

Mit diesem Namen bezeichne ich solche Apparate, wo die Stimmritze von einem (bei vorhandenem festen Gegenlager) oder zwei Stimmbandfalten oder Duplikaturen dünner elastischer Membranen gebildet worden ist. Der

---

*) Diese Töne verhalten sich wie die Horntöne, welche durch einen Mundanspruch zu Stande kommen, bei welchem ohne Ansatzrohr gleichfalls noch keine tönenden Schwingungen möglich sind.

Rahmen wird hier anstatt einfacher Bänder mit übereinander geschlagenen, doppelt übereinander liegenden Bändern bespannt, etwa in beistehender Weise.

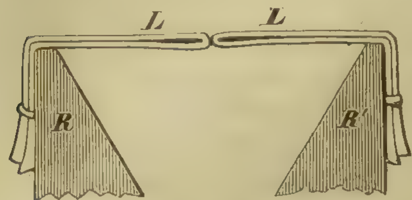


Fig. 141.

Ich wollte dadurch eine grössere Aehnlichkeit mit den Stimmbändern des Kehlkopfs erzielen, welche ja auch Duplikaturen des elastischen Ueberzugs der Kehlkopfhöhle darstellen. Freilich ist auch hier die Aehnlichkeit immer noch nicht gross. Denn die Falte, welche durch Uebereinanderschlagen oder Falzen einer wenn auch verhältnissmässig dünnen Kautschukplatte gebildet wird, bauscht immer, wenn diese Doppelmembran über den Rahmen gezogen ist, nach der Mitte zu mehr auf, als nach den Insertionsstellen, da diese elastischen Blätter sich nicht in der Weise umknicken lassen, wie etwa Papier u. drgl. Anstatt schwacher Glottisränder entstehen auf diese Art zwei Wülste, die zwar durch starke Spannung schmäler werden, aber doch immer sich von den bisher benutzten Glottisbegrenzungen sehr unterscheiden. Die Stimmritze klafft hier immer etwas, doch lassen sich durch Fingerdruck die Wülste gegen einander schieben. Der Pizzicato-Ton klingt matt, ist jedoch zu erkennen.

1. Versuch. Ueber das Stethoskop spannte ich zwei in der angegebenen Weise zusammengeschlagene Kautschukplatten von etwa $\frac{1}{5}-\frac{1}{6}'''$ Dicke auf, und befestigte sie durch mehrfach umschlungenen Bindfaden, nachdem ich vorher einige Kerbe in den Cylinder geschnitten hatte. Die Stimmung beider Platten war jetzt $h-c^1$. Von hinten angesprochen gab der Apparat, wenn nur die dem Rahmen aufliegenden Theile der Membranen mit je zwei Fingern gehalten wurden, um das sonst noch einigermaassen sich hier einstellende Luftdurchstreichen zu verhüten, den Ton h^1-c^2, also eine Oktave höher, wobei die Platten mässig vom Winde gehoben wurden und die Glottiswülste einander mehr genähert wurden. Die Schwingungen waren überschlagende und erstreckten sich ziemlich weit gegen die Rahmenperipherie hin. Das Timbre war zwar nicht sehr schön oder sonor, doch immer noch besser, als ich erwartet hatte, und wurde noch besser, wenn die Glottis absichtlich mehr verengt wurde. Das Grundregister mit durchschlagenden Schwingungen bei offener Glottis vermochte ich nicht zu erhalten. Immer war einiger Gegendruck beider Wülste nöthig, um überhaupt einen Ton zu erzeugen. Wenn ich beiderseits eine Fingerspitze auf die Mitte der Platte aufsetzte, oder sie zwischen beide Lamellen schob, sie mässig nieder und so weit nach Innen drückte, dass die Glottis nicht ganz geschlossen wurde, so ertönte ein vollerer, lauterer Ton, der etwa eine Quarte tiefer lag, als der vorige, also der Schwingungszahl nach dem Schlagregister entsprach. Von diesem Tone aus liessen sich sukcessiv die höhern Zwischentöne erhalten, wenn ich den Gegendruck vermehrte und die Breite der schwingenden Zonen verringerte, so dass der Ton h^1 oder c^2 auf zwei Weisen erhalten werden konnte, bei Schwingungen der vollen, und bei Schwingungen der sehr verschmälerten Platten. Sogar bis d^2, also eine Stufe über den bei vollen Plattenschwingungen erhaltenen Ton, liess sich die Tonerhöhung durch Verschmälerung und Gegendruck treiben. — Von vorn angeblasen gab der Apparat denselben Ton, wie von hinten. Ich schob ferner zwischen die beiden Platten ein starkes Kartenblatt bis zum Glottiswulst, doch konnte ich durch Gegeneinanderschieben beider Blätter keine Tonerhöhung erzielen, da die beiden Wülste sich bald hermetisch schlossen und alle Schwingungen aufhörten. Wenn ich bei hinlänglicher Glottisverengung die eine Platte etwas unter die andere drückte, so entstand ein Ton, der noch etwa $\frac{1}{2}$—1 Stufe tiefer lag, als der vorhin durch Niederdruck beider Platten erhaltene Tiefton.

2. Versuch. Ich spannte über denselben Rahmen nur eine Bandduplikatur, so dass die Hälfte der Apertur davon bedeckt wurde, und bedeckte die andere Hälfte mit einer verhältnissmässig dicken Holzplatte. Es musste dieselbe ziemlich hart an den Glottiswulst angeschoben werden, damit ein Ton erhalten wurde, welcher in einigen Fällen 1 Quinte, in andern 1 Oktave über dem Pizzicato-Tone lag. Dieser Ton (Oktave) wurde um 1—2 Stufen ver-

tieft, wenn die Platte mittels einer Fingerspitze niedergedrückt wurde. Dieselbe Wirkung erfolgte, wenn die Gegenlagerplatte (die dann dünner sein musste) etwas unter den Glottiswulst geschoben worden war. Bei Wiederholung dieses Versuchs fand ich, dass bei lockerem Anlegen der Deckplatte der Ton eine Quinte über dem Pizzicato-Tone lag, und durch sukcessives Andrücken dieser Ton durch alle Zwischenstufen bis auf die None des Grundtons erhöht werden konnte.

3. Versuch. Ueber die Apertur des Petschafts spannte ich zwei sehr dünne Bänder, nachdem ich ein jedes derselben zusammengeschlagen hatte, neben einander. Da sie hierdurch so schmal wurden, dass sie die Apertur nicht völlig deckten, so schob ich zwischen die beiden Platten dieser Duplicaturen je eine Kartenplatte etwa bis zur Hälfte der Breite dieser Stimmbanddoppelplatten, wie in der Figur, die einen Querdurchschnitt darstellt, zu ersehen ist. Die Pizzicato-Stimmung vor Einschieben der Deckplatten geprüft war g^1, beiderseits. Dieser Apparat gab keine sichern Resultate. Anfangs erschien bei Hintanspruch ein Ton, etwa zwei Stufen höher, als der Pizzicato-Ton. Später stellte sich der Blaston tiefer und kam ziemlich bis auf den Grundton, aber gewöhnlich drängte sich in die eine Stimmbandfalte Luft, so dass eine seitliche Stimmritze entstand, in welcher die obere Lamelle des einen Bands gegen die darunter liegende Deckplatte schwang. Jener anfängliche Ton (h^1), der offenbar wenigstens zum Theil in der mittlern Glottis erzeugt war, wurde oft mit einem eine Quinte tiefern Interferenzton begleitet. Desgleichen erschien bisweilen, und zwar offenbar durch Schläge der untern Lamelle des einen oder beider Bänder gegen die eingeschobene Deckplatte bewirkt, dumpfe, matte Töne, die $1\frac{1}{2}$ Stufe unter dem Grundtone lagen.

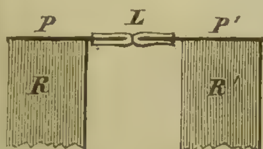


Fig. 142.

Um die Möglichkeit einer mitschwingenden seitlichen Stimmritze auszuschliessen, deckte ich die obere Lamelle beiderseits noch mit einer ähnlichen Kartenplatte. Jetzt mussten die Glottiswülste enger an einander geschoben werden, um einen Ton zu erhalten, der nun natürlich eine Septime bis Oktave höher lag, als der Grundton. Töne des Grundregisters waren jetzt nicht mehr möglich. Sobald die Deckplatten (die untern) bis an den Faltenrand vorgeschoben wurden, war keine Tonbildung mehr möglich. Dagegen kamen bisweilen bei offener Glottis und sehr fixirten Bändern Pfeiftöne vor, die sehr hoch lagen.

4. Versuch. Ueber das Stethoskop spannte ich zwei Bänder von der bereits früher benutzten breitesten Sorte, nur dass ich sie vorher doppelt übereinander legte, so dass sie nur die halbe Breite einnahmen und die beiderseits offen gebliebenen Theile der Rahmenapertur mit Platten bedeckt werden mussten. Der Pizzicato-Ton war beiderseits f^1, sehr deutlich und gut hörbar. Der Blaston bei Hintanspruch war as^1, wenn die Glottisränder nur so weit einander genähert waren, dass ohne grosse Lufttension ein Ton gelang; durch allmälig stärkeres Gegeneinanderschieben derselben erhöhte sich der Ton ebenso allmälig auf cis^2, und wenn die Bänder dabei noch beträchtlich verschmälert wurden, auf dis^2. Demnach war hier eigentlich nur ein Register möglich, da alle die erhaltenen Töne, von welchen der tiefste wenig über dem Grundton lag, ohne Sprünge hinter einander zu erzeugen waren. — Ich schob nun ferner zwischen beide Lamellen jedes Duplikaturbandes eine hölzerne beilförmig zugeschnittene Platte von gleicher Länge, welche beide Platten allmälig bis zur Glottisfalte vorgetrieben wurden. Ein specifisch neues Tonphänomen ereignete sich dabei nicht, der Ton wurde, wie bei vorigem Versuche, sukcessiv bis dis^2, allenfalls auch bis e^2 erhöht, und verlor mit wachsender Höhe an Fülle. Waren die Platten bis zum Faltenrande vorgedrungen, so hörten die Tonschwingungen auf.

5. Versuch. Ich kehrte jetzt die letztgebrauchten Bandduplikaturen so um, dass die beiden übereinander liegenden freien Ränder nach innen, die blinden Falten nach aussen zu liegen kamen. Die Glottis war jetzt linienförmig, wie früher bei den einfach liegenden Bändern. Pizzicato beiderseits c^1. Blaston von hinten c^2 mit Interferenzton e^1 oder d^1. Letzterer Ton konnte auch bei schwachem Blasen ziemlich isolirt erhalten werden. Die Glottisränder (die obern) machten dabei keine ausgiebigen Schwingungen, wohl aber, wenn der Hochton dazu kam (bei stärkerem Anspruch). Bei besserer Gegeneinanderlagerung der Bandränder erschienen auch die beiden Oktaven rein $c^2 + c^1$. Der Hochton konnte auch allein erhalten und durch mehr Gegendruck bis e^2 erhöht werden.

Nun legte ich zwischen beide Lamellen dieser Bänder ein Stück Feuerschwamm, um die Lamellen für den Schwingungsvorgang auseinander zu halten, und zu bewirken, dass während des Blasens Luft zwischen dieselben träte. Beim Anspruch schwangen die obern Lamellen ziemlich weit ab: was die untern dabei machten, konnte ich freilich nicht sehen: indessen erklang nur ein einfacher Ton, und zwar genau der Grundton, wenn auch von etwas unangenehmem, nicht sehr sonorem Timbre. Zuweilen lautete er mit einem piano c^2 an. Die Schwingungen schienen jedoch keine durchschlagenden zu sein, wie caet. parib. bei einfachen Bändern, sondern klangen wie aufschlagende. Jedenfalls schlugen die obern Lamellen gegen die untern, die sonst wohl sich nicht weiter an den Schwingungen betheiligten. — Zuweilen blähten sich die Stimmfalten mehr auf, so dass es nicht zum Aufschlagen, nicht einmal zu ordentlichen Schwingungen überhaupt kommen konnte, es ertönte ein matter, aber sehr hoher Ton f^2— fis^2 mit schwebenden oder Randschwingungen. — Wurden die beiden Bänder von den Platten mehr gedeckt, so war auch das hohe Ueberschlagregister in verschiedenen Nüancen zu erhalten. Also c^2—cis^2, crescendo meist mit dem tiefen c^1 als Interferenzton begleitet. In dieser Hinsicht ergab sich keine Abweichung von den einfachen Bändern. — Endlich verschob ich die beiden Lamellen über einander so, dass nur durch die obern die Glottis gebildet wurde, während die untern ein Stück auseinander gerückt waren. Indessen wurden auch dadurch keine neuen, von den letzterwähnten abweichenden Resultate erzielt. Immer waren die obern Lamellen bei dem tiefen Register konvex während des Schwingungsvorgangs, beim hohen Register dagegen, durch Nieder- und Gegendruck dieser Lamellen erhalten, konkav, und beide Glottiszonen etwas auswärts zu einander geneigt (dachförmig), und schwangen von dieser Lage aus.

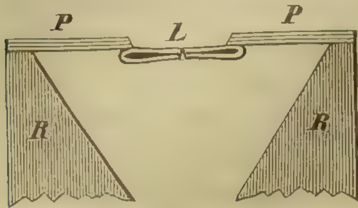


Fig. 143.

Anhangsweise gedenke ich hier noch der akustischen Versuche, welche ich auf den Fingern bereits vor längerer Zeit anstellte, und welche sehr leicht zu wiederholen sind. Die Stimmritze vertritt hierbei die zwischen den ersten Phalangen zweier aneinander gelegter Finger (etwa des Zeige- und Mittelfingers) befindliche Spalte. Die Finger müssen dabei ziemlich fest einander anliegen, wenigstens die zwischen der 1. und 2. Phalanx befindlichen Gelenke einander berühren, so dass die Haut beider Finger sich ebenfalls berührt. Am besten ist es, wenn man die beiden Finger, die man benutzen will, zusammenbindet, doch nicht zu fest, etwa so, dass man die beiden Fingerglieder noch etwas mehr zusammendrücken kann. Die Finger können dabei gestreckt oder halb flektirt sein. Nach dieser Vorrichtung hält man ein Anspruchsrohr, das wo möglich an dem Ende, welches angelegt wird, etwas zusammengedrückt ist (ähnlich einem Oboenmundstück) mehr oder weniger fest, so dass keine Luft daneben streichen kann, gegen die Fingerspitze und bläst Luft hindurch. Es entstehen Töne, die den am ausgeschnittenen Kehlkopf erhaltenen etwas ähnlich sind und gar nicht schlecht klingen. Gebildet werden sie durch einschlagende Schwingungen der sich berührenden Haut-Säume oder Duplikaturen, welche hier die Stimmbänder vorstellen, ebenso wie die des ausgeschnittenen Kehlkopfs oder der vorhin erwähnten Apparate. Erhöht werden diese Töne durch stärkeres Andrücken des Anspruchsrohrs, durch steigenden Luftdruck und durch Komprimiren der Finger, vertieft durch Nachlass dieser Kompressionsmittel. Der Umfang dieser Töne ist, obgleich die Längenspannung der Fingerhaut natürlich stets dieselbe bleibt, sehr bedeutend; ich habe ihn an meinen Fingern von g — g^2, also bis auf zwei Oktaven gebracht. Auch mit direktem Mundanspruch erhielt ich, obwohl etwas unbequemer, dergleichen Töne, etwa im Umfange von h — a^1.

Diese Versuche sind zwar an Zahl noch sehr spärlich, doch reichen sie, wie ich glaube hin, um folgende Resultate daraus zu ziehen.

Von den einfachen, scharfkantigen Bändern unterscheiden sich diese elastischen Duplikaturapparate zunächst dadurch, dass die Register hier bei weitem nicht so scharf von einander geschieden sind, als bei jenen. Ob das Grundregister rein und unerhöht ohne besondere Beihülfe hier erhalten werden könne, ist durch die hierher gehörigen Versuche noch nicht vollkommen konstatirt. Jedenfalls existirt das Mittel- oder Schlagregister, und kann dasselbe ohne Schwierigkeit in das hohe oder Ueberschlagregister übergeführt werden, offenbar mit grösserer Leichtigkeit, als bei einfach liegenden Bändern möglich ist. Von besonderem Interesse ist der Versuch, wo durch Niederdrückung der Stimmplatte (Versuch 1.) oder durch Einschiebung eines Fingers zwischen beide Lamellen in gleicher Absicht der bisherige hohe Ton um eine Quarte erniedrigt wurde, offenbar (wie auch in frühern Versuchen gefunden wurde) durch Beseitigung der Konvexität der Stimmplatte und Herstellung einer Winkelneigung beider Glottiszonen zu einander, weil hier eine Aehnlichkeit mit gewissen Verhältnissen des menschlichen Kehlkopfs nicht zu verkennen ist. Etwas dem sogenannten Falsetregister der Kehlkopfbänder Aehnliches ist freilich an diesen dickwulstigen Apparaten nicht herzustellen. Man wird unwillkührlich hier mehr an die zweite, als an die erste Zone der Kehlkopfbänder erinnert.

III. Versuche am todten Kehlkopf.

Anhang: Tonphänomene der Mundlippen.

Von den künstlichen oder nach eigener Idee konstruirten Apparaten gehen wir jetzt zu dem vom Schöpfer selbst gebauten Organe, zum menschlichen Kehlkopf über. Wir wollen uns keineswegs verhehlen, dass alle die bisher von uns aufgeführten Versuche und Ergebnisse derselben, wie sehr sie auch an Umfang und Mannichfaltigkeit die meiner Vorgänger übertreffen mögen, doch immer noch bei Weitem keine genügende Vorarbeit für das Gebiet darstellen, das wir jetzt betreten wollen, und dass dieser Schritt immer noch ein sehr gewaltsamer oder sprungartiger ist. Indessen wir wollen und können ja einmal für jetzt nichts Vollkommenes geben, wir müssen daher, um nicht das Eine über dem Andern zu vernachlässigen, den Vorarbeiten einstweilen eine Grenze setzen, und endlich zu dem Gegenstande selbst übergehen, der das Ziel unserer Arbeit sein soll.

Wir werfen zuerst einen flüchtigen Rückblick auf die Anatomie des Stimmorgans, um das Material zu rekognosciren, das wir jetzt arbeiten lassen wollen, um zugleich auch den grossen Abstand zu ermessen, der zwischen unsern künstlichen und dem natürlichen Tonwerkzeug besteht, um ferner die Mittel und Wege vorläufig zu erforschen, deren muthmaasslich der lebende Mensch sich bedient, um die verschiedenen ihm zu Gebote stehenden hörbaren Phänomene auf seinem Organ hervorzubringen, und um so in den Stand gesetzt zu werden, diese Phänomene, so weit als möglich, in bewusster objektivirender Weise am vom übrigen Körper losgetrennten Organe selbst hervorzubringen.

Der Kehlkopf stellt ein Mundstück dar, wie unsere künstlichen oder vielmehr sehr rohen Mundstücke, mit den wir operirten. Alles ist hier feiner, eleganter, zweckmässiger, berechneter, als bei unsern stümperhaften

Apparaten. Statt des hölzernen, unbeweglichen Rahmens, über den wir unsere elastischen Bänder spannten, haben wir hier ein Paar aus einem feinen, elastischen und doch festen oder durch gewisse höchst geeignete Organe fixirbaren Material bestehende, zu einer Kapsel vereinigte Platten und Vorsprünge, zwischen welchen die band- oder strangartigen Körper, welche in Schwingungen versetzt werden sollen, aufgespannt sind. Wenn auch zwischen dem elastischen Gewebe dieser „Stimmbänder" und dem vulkanisirten Kautschuk, aus welchem wir unsere Zungen konstruirten, hinsichtlich der Elasticität kein sehr grosser Unterschied stattfinden mag, so unterscheiden sich doch die Stimmbänder von unsern Zungen in jeder andern Hinsicht sehr bedeutend. Ausser der prismatischen Gestalt (die sich allenfalls künstlich nachahmen liesse) hebe ich hier zunächst die ungemeine Nachgiebigkeit oder das fleischige Wesen der Stimmbänder hervor, vermöge dessen sie zu einer Art von Schwingungen befähigt werden, die wir bis jetzt noch gar nicht kennen gelernt haben, auch schwerlich künstlich nachahmen können, und die ich als fluido-solidare bezeichne. Die elastischen Bänder, mit welchen wir bisher operirten, waren wasserfrei, und ihre Schwingungen nannten wir daher solidare; die Kehlkopfbänder dagegen besitzen hinter ihrem elastischen Ueberzuge, der auch stets durchfeuchtet ist, eine organische Substanz, welche 80% Wasser enthält, und welche bei den Schwingungen wesentlich betheiligt ist. Es wird also bei den Schwingungen der Stimmbänder jedenfalls mehr Fluidum, als Solidum in Bewegung gesetzt, wenn gleich die Schwingungszahl dieser Bänder zunächst von den festen Theilen bestimmt zu werden scheint. Aber ausser der Schwingungszahl ist hier noch gar manches Andere in Betracht zu ziehen, wie wir bereits wissen und noch mehr erfahren werden. Rechnen wir dazu die verschiedenen Organe (Muskeln), welche die physikalen Verhältnisse der Stimmbänder, die Weite und sonstige Gestaltung der Stimmritze, die zunächst über und unter derselben liegenden Räume in fast unerschöpflicher Mannichfaltigkeit zu verändern fähig sind, nicht zu gedenken der neuen Modifikationen, welche die verschiedenen Grade des Luftanspruchs, die Verrückung des ganzen Kehlkopfs nach oben oder unten, die Abänderungen des Lumens und Kalibers im Ansatzrohre, und viele andere Einflüsse hervorbringen, so werden wir einen vorläufigen Begriff von den Modifikationen der Tonphänomene uns bilden können, welche auf dem menschlichen Stimmorgane möglich sind. Sind schon die an zwei ganz einfachen Kautschukbändern erhaltenen Tonphänomene von so überraschender Vielfachheit, so werden es die der weit kunstvoller ausgerüsteten Kehlkopfbänder gewiss noch mehr sein.

Wir untersuchen zuerst den ausgeschnittenen Kehlkopf auf seine phonologischen Fähigkeiten, bevor wir die Leistungen des lebenden Organes zu erforschen suchen, aus dem Grunde, weil wir am erstern die Mechanismen der akustischen Vorgänge mit dem Auge verfolgen können, während wir bei letzterem fast nur auf das Ohr beschränkt sind. Jedenfalls müssen aber die Beobachtungen und Versuche am Lebenden sowohl wie am Todten einander ergänzen, und müssen dieselben von einem Beobachter angestellt werden, der an seinem eigenen Organ gehörig zu experimentiren befähigt ist, wenn für die Wissenschaft und Kunst etwas Tüchtiges dabei herauskommen soll. Mit einem Worte, der Experimentirende muss selbst Sänger, und zwar ein in allen seinem Organ möglichen Registern, Manie-

ren und Passagen geübter Sänger sein, und dabei vielfache Gelegenheit haben, mit Sängern und Sängerinnen (guten und schlechten) zu verkehren, ihre Leistungen zu hören, sie während des Gesanges genau zu beobachten, und selbst absichtliche Versuche und Explorationen an ihnen vorzunehmen.

Methode der Kehlkopfaufstellung behufs der Untersuchung.

Wir wissen nicht nur aus Vivisektionen verschiedener Thiere, sondern auch aus Beobachtungen an Menschen, die in selbstmörderischer Absicht sich die zwischen Zungenbein und Schildknorpel liegenden Theile durchschnitten hatten, dass die untern Kehlkopfbänder, die eben auf Grund dieser Erfahrungen Stimmbänder genannt worden sind, die bei der Stimm- oder Tongebung zunächst und wesentlich interessirten Organe sind, und wir haben auch bereits in der Anatomie des Stimmorgans darauf hingewiesen, dass der ganze Kehlkopf darauf angelegt ist, einen Komplex von Organen zu bilden, welche diese Stimmbänder behufs der verschiedenen Tonphänomene eben so verschiedenen Modifikationen ihrer gegenseitigen Stellung, ihrer Länge, Dicke, Tiefe u. s. w. unterwerfen, so wie den von ihnen erzeugten Tönen ihre erste Fassung, Koncentrirung, Leitung u. s. w. ertheilen sollen. Aus diesem Grunde mussten wir auch erst die Gesetze studiren, nach welchen bei künstlichen Apparaten gespannte elastische Bänder und Membranen überhaupt tönend schwingen, bevor wir am natürlichen Kehlkopfpräparat untersuchen konnten, in wieweit die natürlichen Stimmbänder jenen an einfachern Zungen gefundenen Gesetzen folgen, und in wieweit sie von denselben abweichen.

Das erste, was man also mit einem ausgeschnittenen Kehlkopfe vornehmen muss, ist, ihn so aufzustellen und zu fixiren, dass die Insertionspunkte seiner Stimmbänder wenigstens von einer Seite aus befestigt sind; das zweite ist, dass man die Giesskannknorpel so gegen einander bewegt, dass eine schwingungsfähige Glottis erhalten wird.

Beides suchte J Müller dadurch zu erreichen, dass er eine krumme Nadel durch den untern Theil der Giessbeckenknorpel stach, letztere mehr oder weniger eng gegen einander rückte, und (wo enger Stimmritzenschluss nöthig war) die Enden der Nadel mit einem Faden kreuzweise umschlang, worauf er mittels der Verlängerung dieses Fadens, so wie eines andern durch den Ringknorpel gezogenen die ganze hintere Kehlkopfwand auf ein kleines Bret fest band, so dass der Schildknorpel eine freie Beweglichkeit gestattete, die M. zur beliebigen Anspannung der Stimmbänder benutzte. Umgekehrt verfuhr Liskovius.*) Er fügte den Vorsprung des Schildknorpels in ein dazu mit einem passenden Einschnitt versehenes Holzstück ein, bohrte eine Stricknadel quer durch dies Holz und zugleich durch das in dessen Ausschnitt liegende Pomum Adami des Schildknorpels (etwas oberhalb der vordern Anheftung der Stimmbänder) so dass der Kehlkopf mit diesem Holze fest verbunden war, und nun letzteres an zwei mit Einschnitten versehenen senkrecht stehenden Stäben angebunden werden konnte; die Giesskannknorpel durchstach er gleichfalls in ihrem untern Theile mit einer Stricknadel, so dass sie, auf letzterer gegen einander gerückt, sich mit ihren Stimmfortsätzen berührten; durch Fäden, an die Nadel der Knorpel befestigt, über Rollen geleitet und mit Gewichten beschwert, regulirte er die Spannung der Stimmbänder. Harless fixirt den Schildknorpel durch vier nach oben und unten ziehende, an feststehende Haken befestigte Schnüre, hebt den Ringknorpel vorn durch einen Arm eines aufgehangen Wagebalkens, so dass dadurch

---

*) Liskovius Physiol. d. menschl. Stimme §. 19. Leipz. 1846.

die Giesskannknorpel vom Schildknorpel abgezogen werden; die Gieskannknorpel durchsticht er einzeln von hinten nach vorn mit Stilets, die mit langem Griff und einer Klaue zur Fixirung des Knorpels am Stilet versehen sind: beide Stilets zusammen bilden den von ihm sogenannten Giessbeckenhebel, mit welchem die Knorpel regiert werden können, was durch eine ziemlich komplicirte Vorrichtung vermittelt wird.*) Despiney enthält sich jeder künstlichen Vorrichtung, und operirt nur mit Mund und Fingern. Die Luftgebung wird bei allen diesen Vorrichtungen durch ein in das am Kehlkopfe belassene Luftröhrenstück gestecktes, nach Umständen knieförmig gebogenes Rohr erzielt, welches entweder mit dem Mund, oder (bei Harless) mittels eines künstlich erwärmte und gewässerte Luft führenden Gebläses angesprochen wird.

Was meine Methode anlangt, so habe ich sowohl die von Müller als auch die von Liskovius versucht, ohne dass mich dieselben sonderlich befriedigt hätten. Ich stimme Harless vollkommen bei, dass Müller's Methode nur ein Nothbehelf ist, da sie Versuche über den Einfluss der verschiedenen Stellungen der Giessbeckenknorpel wenigstens nur in geringer Ausdehnung gestattet. Eben so nothdürftig ist die Methode Liskovius', welcher erstlich die Giesskannknorpel zu arg verstümmelt, und ausserdem einen Zug in einer Richtung anwendet, in welcher er im Leben gar nicht stattfinden kann. Die meisten Vorwürfe, welche Liskovius gemacht werden können, treffen freilich auch Harless, dessen Methode, obwohl mit grossem Kunstaufwand hergerichtet, doch auch nur ein Nothbehelf ist, zumal da die Giessbeckenknorpel dabei gleichfalls in ihren Dimensionen sehr geändert und die Bewegungen zum Theil nach falschen Principien nachgeahmt werden. Die Fixirung des Schildknorpels ist unphysiologisch, denn die Flügel desselben sind beweglich und der ganze Knorpel in seinem Gelenke noch mehr: der Ringknorpel hätte fixirt werden gesollt, wenn überhaupt fixirt werden musste.

Ich habe mir zunächst Despiney zum Muster genommen, welcher eben mit gar keiner künstlichen Vorrichtung operirte. Nur gefiel mir nicht, dass er zu seinen Versuchen einen besondern Bläser brauchte. Der Experimentator muss selbst blasen, nicht durch einen Andern, auch nicht durch einen todten Blasebalg blasen lassen, denn der Sänger bewirkt den Luftanspruch an seine Stimmbänder auch selber; niemand und nichts kann den Athem so nach seinem Belieben und nach allen erforderlichen Intentionen und Zwecken modificiren, als Er selbst; aus diesem Grunde muss der Experimentirende gleichzeitig blasen, und in den Kehlkopf, auf die Stimmbänder sehen, wenn er Ursache und Wirkung gehörig in Einklang und Gegenrechnung bringen will. Uebrigens habe ich schon einmal bemerkt, dass ich ein Feind von allen Künsteleien bei dergleichen Versuchen bin, dass es mir z. B. nicht darauf ankommt, zu erfahren, wie viele Lothe und Grane Gewicht zur Erhaltung dieses oder jenes Tones erfordert werden, indem ich Nöthigeres zu erforschen zu haben glaube, und oft genug die Erfahrung gemacht habe, dass man dieses „Nöthige und Wesentliche" in der Regel sicherer bei dem einfachsten Verfahren, bei welchem man die Organe möglichst wenig verstümmelt, ergründet, als mit Beihülfe von komplicirten Vorrichtungen.

Demnach war meine Methode sehr einfach. Ich stecke ein kurzes Rohr in das Luftröhrenstück, dieses stecke ich in die eine Oeffnung eines ganz gewöhnlichen Pfeifenstiefels, und in die andere Oeffnung des letztern kommt ein zweites Rohr aus Hollunder, genau so lang, dass meine Augen, wenn

---

*) Harless a. a. O. S. 670 ff.

ich es in den Mund nehme, in das Innere des Kehlkopfs, dessen Hinterwand mir zugekehrt sein muss, fallen. In der Folge setzte ich dem Mundrohre noch ein Stück elastisches Rohr auf, um die Stellung meiner Augen zum Kehlkopf mehr verändern zu können. Die Giessbeckenknorpel hielt ich entweder bloss, wie Despiney, mit zwei Fingerspitzen, die in die Sinus pyriformes eingeführt wurden, zusammen, wobei ich die Muskelfortsätze von hinten nach auswärts schob; oder ich stach ganz einfach, nachdem ich beide Knorpel gegeneinander geschoben, hinter dem Processus posterior eine Stecknadel in die Gelenkfläche der Lamina cricoideae,*) wodurch die Glottis respirat. besser und exakter geschlossen gehalten wurde, als bei Müller und Liskovius; und von einer Verstümmelung, die bei allen angeführten Versuchern (besonders bei Harless) arg genug ist, kann hier wohl gar keine Rede sein. Wollte ich die Processus vocales etwas enger oder laxer an einander liegend haben, so durfte ich bloss die Stellung der beiden Nadeln etwas verändern. Zur Fixirung des Kehlkopfs, der sonst auf seinem Rohr etwas hin und herschwankte, zog ich einen Faden durch die Lamina cricoid. und zog ihn gegen das Windrohr an. Nun konnte ich auch durch einen am Schildknorpel angebrachten Faden, der an irgend einen vor dem Apparat befindlichen unbeweglichen Körper befestigt wurde, einen die Stimmbänder der Länge nach spannenden Zug (Gegenzug) mit leichter Mühe anbringen. Ausserdem hatte ich, wenn die Giessbeckenknorpel durch das angeführte Verfahren gegeneinander gerückt waren, beide Hände frei, um an den Stimmbändern beliebige Veränderungen vornehmen zu können.

Dieser Apparat ist, denke ich, so einfach, dass er keiner Abbildung bedarf. Um jedoch den Leser in den Stand zu setzen, mit einem Blicke denselben mit den künstlichen Vorrichtungen anderer Physiologen vergleichen zu können, mag er hier neben den andern Figuren auch eine Stelle finden. Ostentation wird dabei nicht beabsichtigt.

---

*) Es wird Manchem nicht unerwünscht sein, wenn ich diese Operation etwas genauer beschreibe. Ich mache sie nach zwei Methoden. 1) Man nehme zuerst die Schleimhaut an der hintern Kehlkopfwand bis zum M. ary-arytaenoideus weg, so dass man die Insertion des M. crico-arytaen. posticus am hintern Fortsatz des Stimmknorpels so ziemlich frei erhält. Dann schiebe man diesen Fortsatz im Sinne der Schliessmuskeln der Glottis nach aussen und vorn, und nun stosse man die Nadel etwa an der Insertionsstelle der obersten Fasern des letztgenannten Muskels senkrecht zum durch die gedachte Verschiebung offen gelegten nur noch von Weichtheilen bedeckten obern Theil der Gelenkfläche in diese hinein, so dass der Giesskannknorpel nicht wieder zurück kann, sondern in der Lage, die man ihm gab, unverrückt erhalten wird. Verletzt, d. h. senkrecht durchstochen werden dabei nur die obern Fasern des M. crico-aryt. post. und die Kapselmembran des Crico-arytaenoidealgelenks, da wo sie in das Ligam. triquetrum übergeht. Letzteres ist dabei angespannt. Uebrigens ist die Operation sehr leicht und gar nicht so subtil, als man glauben sollte; ihre Wirkung ist eine ganz vollkommene, wofern die Weichtheile noch nicht sehr ausgetrocknet oder geschwunden sind. 2) Ist dies letztere der Fall, will man z. B. an Kehlköpfen, die schon eine Zeit lang in Spiritus gelegen haben, Versuche (die hier oft noch ganz gute Resultate geben) anstellen, so genügt die vorige Methode nicht; hier muss man die Nadel, nachdem man die beiden Knorpel mit den Fingern gehörig gegen einander bewegt hat, vor dem hintern Fortsatz, da wo er in die Seitenwand des Körpers übergeht, genau senkrecht oder parallel zur Kehlkopfaxe einstossen, so dass sie in den Ringknorpel vor der Gelenkfläche eindringt. Ist diese Operation auf beiden Seiten gemacht, so ist zugleich auch die Rima glottidis posterior fest geschlossen, und es entweicht keine Luft mehr zwischen den Knorpeln hindurch.

An einem so vorgerichteten Kehlkopf kann ein Beobachter gleichzeitig blasen, die Schwingungen beobachten, einen Längenzug anbringen, den Seitendruck auf die Stimmbänder einwirken lassen, und immer noch eine Hand frei behalten, um in

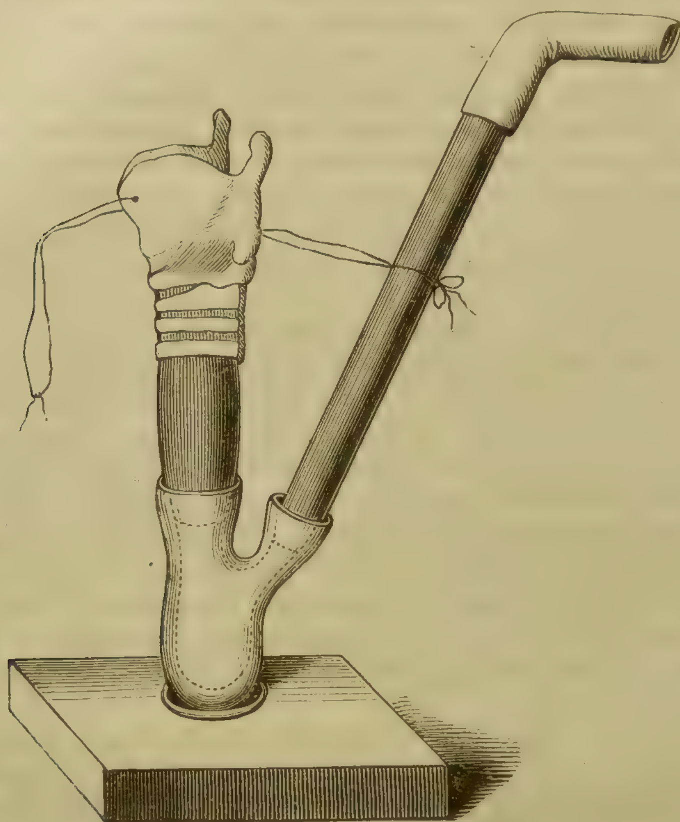


Fig. 144.

die Glottis ein Hinderniss oder ein sonst modificirendes Instrument einzubringen u. s. w.

1) Bedingungen der Tonbildung im Kehlkopf überhaupt.

Töne oder überhaupt tonähnliche Schallphänomene lassen sich im ausgeschnittenen Kehlkopf auf verschiedene Art und Weise bilden.

1. Pizzicato am einzelnen Stimmbande einen Ton zu erhalten habe ich versucht, aber stets ein negatives Resultat bekommen. Man erhält nur ein kurzes, klangloses Geräusch, das man schwerlich seiner Schwingungszahl nach bestimmen kann. Doch konnte ich an den starkgespannten Stimmbändern eines weiblichen Kehlkopfs, der schon einige Monate in Spiritus gelegen, nachdem ich ihn gehörig abgetrocknet hatte, durch Schnippen von der Ventrikelrinne aus ein allerdings nicht nachhaltiges, tonartiges Phänomen erhalten, dessen Tonhöhe sich ziemlich sicher auf e^2 bestimmen liess.

2. Besser gelingen Röhrentöne, und zwar schon am frischen Kehlkopf. Ich habe mittels Tubularanspruchs, sowohl wenn er von oben, als wenn er von unten kam, an den einzelnen Stimmbändern, auch wenn sie nicht bis zum Maximum gespannt waren, stehende Schwingungen erhalten, die ganz deutlich zu erkennen waren, und einen Ton gaben, der so ziemlich auf derselben Stufe stand, wie der entsprechende Blaston auf der vollen Glottis.

Die Bänder wurden durch den Luftstrom des Tubulus, je nachdem er auffiel, sehr abgetrieben, sie gaben ihm sehr nach, und zogen sich dabei in eine Kante aus, welche in Schwingungen gerieth.

Dabei erkannte ich recht deutlich, dass die Bänderschwingungen des Kehlkopfs — wenigstens wenn der Musc. thyreoarytaenoideus nicht kontrahirt ist — nicht bloss Solidar- sondern zugleich auch Fluidarschwingungen sind; die flüssigen Bestandtheile der Kehlkopfbänder, der Quantität nach die festen mehrfach überwiegend, machen die Schwingungen dieser Organe den Wellen flüssiger oder halbflüssiger Körper einigermaassen ähnlich. Die grosse Verschiebbarkeit der Moleküle dieser Bänder lässt überhaupt ganz andere Schwingungsverhältnisse zu, als bei den festen elastischen Bändern möglich sind.

3. Blastöne endlich, die gewöhnlichsten Tonphänomene des Kehlkopfs, lassen sich bei verschiedenen Dispositionen des innern Raumes desselben erhalten.

a) Glottistöne, in der Glottis oder in den Glottiswänden gebildet, sind bei allen vier Glottisformen (S. 119) möglich.

1. Beim Exspiriren. — Bei mittlerem Grade der Glottisöffnung, d. h. wenn man den Kehlkopf so anbläst, wie er ist, ohne dass man weder an den Giesskannenknorpeln noch am Schildknorpel etwas vornimmt, entsteht bei hinreichend starkem Anspruch ein hauchender, heiserer, schlechter Ton, dessen Klang an U erinnert. Es scheint auf die Todesart, bei welcher das Individuum, dem man den Kehlkopf entnahm, gestorben war, etwas anzukommen, ob bei dieser Glottisform ein Ton erfolgen kann oder nicht. Weibliche und sonst von Natur engere Stimmritzen geben im Indifferenzzustand noch am leichtesten Töne.

Die Tonstufe war in einem Falle (weiblicher Kehlkopf) a — h, und stieg durch einige Dehnung der Bänder mittels einfaches Zuges am Kehldeckel, den ich vornahm, zunächst nur um in die Kehlkopfhöhle sehen zu können, bis auf d^1 — e^1. In einem andern Falle (Kehlkopf einer Jungfrau von 20 Jahren) war die Tonstufe d^1, wobei sich die Stimmbänder von vorn aus so viel als möglich an einander zu legen suchten. Gleichzeitig näherten sich die Taschenbänder einander, die obern Fortsätze der Giessbeckenknorpel wichen auseinander. Noch leichter gelingt die Tonschwingung bei offenstehender ganzer Stimmritze an (besonders weiblichen) Kehlköpfen, die eine Zeitlang in Spiritus gelegen haben. Das dabei vernehmbare Tonphänomen ist gar nicht so unangenehm. Auch durch Verstärkung des Luftanspruchs war hier einige Erhöhung möglich. Schon besser gelingt die Tonbildung, wenn die Giesskannenknorpel im Sinne des M. ary-arytaenoideus gegen einander gezogen sind, wobei die Stimmfortsätze jedoch noch von einander mehr oder weniger abstehen.

Diese Stimmritzenform scheint im Leben beiden Schreitönen vorhanden zu sein, überhaupt in allen Fällen, wo die Luft mit grosser Gewalt durch die sonst zur Tonbildung vorbereitete Stimmritze getrieben wird. Eine geringe Entfernung der Spitzen der Vokalfortsätze von einander verhindert selbst bei mässigem Luftanspruch die Tonbildung nicht, wenngleich die sogebildeten Töne nicht gerade zu den schönen gehören. Noch leichter sprechen die Töne an, wenn die Glottis doppelt ist, d. h. wenn die Stimmfortsätze, aber nicht die Körper der Giessbeckenknorpel einander berühren. Bei alten Leuten, wo die Weichtheile des Kehlkopfs etwas geschwunden sind,

und die Stimmbandränder für gewöhnlich eine von innen nach aussen hohle Kurve darstellen, scheint diese Glottisform die gewöhnliche zu sein. Sie bietet dann folgende Gestalt dar. Der Ton fällt jedoch dumpfer und klangloser, meist auch etwas tiefer aus, als bei der folgenden Glottisform, wo die Knorpelglottis völlig geschlossen ist. Ueber die weitern Funktionen der letztern, namentlich über die Ventiltheorie von Harless, werden wir später zu sprechen Gelegenheit finden. — Am besten und leichtesten sprechen die Töne an, wenn die Knorpelglottis vollkommen geschlossen ist, und jedenfalls ist diese Glottisform für jeden guten und namentlich musikalisch brauchbaren Ton erforderlich. Fast alle der nachstehenden Versuche sind daher bei dieser Glottisform angestellt. — Manche Kehlköpfe (alter Leute, die viel an Husten gelitten) geben aber auch jetzt noch nicht sofort einen Blaston an, so dass man erst die Stimmbänder von den Seiten her etwas komprimiren muss, um einen Ton zu erhalten. Doch fügen sich nach einigem Anblasen dergleichen Bänder gewöhnlich, und sprechen dann auch ohne jene Beihülfe an.



Fig. 145.

Ob im hintern Theile der Glottis allein, bei festem, unnachgiebigem Schlusse der Bänderglottis, Tonbildung jemals stattfinde, ist bis jetzt wenigstens durch Versuche noch nicht erwiesen. Die Möglichkeit ist jedoch nicht in Abrede zu stellen; jedenfalls würden aber unter diesen Umständen nur Pfeiftöne gebildet werden, keine Zungentöne.

Nach Harless ist es eine zum Zustandekommen eines (jeden?) Tones im Kehlkopf unerlässliche Bedingung, dass die Stimmritze genau in der Queraxe des Körpers des Kehlkopfrohrs liegt: sobald sie seitlich verschoben ist, soll keine Tonbildung mehr möglich sein, indem der Luftstrom an dem in dieser Queraxe gelegenen Membranstück, welches eben nicht der freie Rand ist, sich breche, gebeugt werde und entweiche, ohne tönende Schwingungen zu erregen. Nach meinen, bereits früher angestellten Versuchen, wird der Ton dumpf und abgeschwächt, wenn die eine Ventrikelrinne durch einen darauf drückenden Körper niedriger zu stehen kommt, als die andere, und dadurch eine unvollkommene Gegenstellung der Bänder, die wohl auch mit einer geringen Verschiebung der Glottis verbunden ist, erzeugt wird. Diese Beobachtungen sind für die Theorie der Aphonie interessant, besonders derjenigen, welche entsteht, wenn durch Vereiterung der hintern Insertion des einen Stimmbands eine derartige Verschiebung der Glottis entstanden ist. Sind beide Bänder ungleich gespannt, und liegen sie in einer und derselben Ebene, so tönen nach Harless selten beide; bei sehr grosser Windstärke öfters nur eins (das schwächer gespannte), oder beide mit akkommodirten Schwingungen. Liegen sie nicht ganz in einer und derselben Ebene, so soll stets nur das tiefer stehende tönen, bei schwächerer Spannung.

Ferner darf die Spannung der Stimmbänder, und die Kraft, mit welcher sie gegen einander bewegt werden, ein gewisses Maass nicht überschreiten, wenn ein Ton in der Stimmritze gebildet werden soll. Denn wir haben schon einmal (S. 161) bemerkt, dass bei sehr hoher gleichzeitiger Spannung und Kontraktion (aktiver und passiver Spannung gleichzeitig) der Stimmbandkörper so hart und starr wird, dass er vom Luftstrom nicht mehr bewegbar ist. Im Leben gehören gewisse Arten des sogenannten Glottiskrampfes hierher: am ausgeschnittenen Kehlkopf ahmt man diesen Zustand dadurch

nach, dass man bei festem Schluss der Knorpelglottis die Stimmbänder straff anzieht und gleichzeitig von den Seiten her stark gegen einander drückt.

Wenn die Stimmbänder und die ganze innere Auskleidung des Kehlkopfs zu trocken geworden ist, da gerathen erstere nicht eher in tonfähige Schwingungen, als bis durch wiederholtes Einblasen feuchter Luft wieder der gehörige Feuchtigkeitsgrad des Organs hergestellt worden ist. Die ersten Töne, die sich hier einstellen, klingen heiser, klanglos. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die Kehlkopfbänder wesentlich von den Kautschukbändern, die auch in völlig trockenem Zustande in tönende Schwingungen versetzt werden können. Desgleichen hört nach einiger Zeit die Tonbildung im Kehlkopf auf, wenn man statt feuchter Luft trockene hindurch bläst. Darauf beruht diejenige Form der Heiserkeit und Aphonie, welche eintritt, wenn es der exspirirten Luft am gehörigen Wassergehalt fehlt, so wie die, welche von Anämie der Kehlkopfschleimhaut oder Mangel an gehöriger Absonderung dieses Organs abhängig ist.

Endlich heben alle mechanischen Hindernisse, welche die Schwingungen der Bänder stören oder unterbrechen, die Tonbildung mehr oder weniger auf. Jede Berührung der schwingenden Stimmbänder — nicht die der daneben liegenden Zonen — hat diese Wirkung. Wenn sich auch nur ein kleiner Körper, ein kleines Stückchen Speise oder zähes Schleimes, zwischen die beiden Glottisränder drängt und daran eine Zeit lang hängen bleibt, so tritt während dieser Zeit Unvermögen ein, einen Ton zu erzeugen.

Alles das bisher Gesagte bezieht sich auf die Tonerzeugung mittels beider Stimmbänder. Aber es lassen sich auf dem Kehlkopfe bei geschlossener Knorpelglottis auch Blastöne erzeugen, wenn das eine Band absichtlich durch einen festen Körper, der es zurückhält, schwingungsunfähig gemacht wird. Die Schwingungen sind durchschlagende, das Band zieht sich dabei etwas nach innen, wie gewöhnlich. Man hat durch diese Methode ein Mittel in den Händen, beide Stimmbänder auf ihre Spannungsgleichheit zu prüfen.

2. Beim Inspiriren. — Auch hier ist die Tonbildung am ausgeschnittenen Kehlkopf bei geschlossener Knorpelglottis möglich. Den bei einer gewissen Spannung der Bänder erhaltenen Inspirationston fand ich, ebenso wie Müller, etwas tiefer, als den entsprechenden Exspirationston. Anders verhält es sich am lebenden Kehlkopf: darüber später.

b) Andere, mittels der oberhalb der Stimmbänder liegenden Organe des Kehlkopfs erhaltene Töne oder tonartigen Geräusche entstehen besonders, wenn bei offenstehender Glottis die obern Kehlkopfbänder oder die Taschenbänder einander bis zur Berührung genähert werden, und ein Luftstrom hindurch getrieben wird. Die Schwingungen, in welche diese Wülste dabei versetzt werden, sind besonders an der hintern Abtheilung derselben merklich, und geben Töne, welche den des sogenannten Räusperns ähnlich klingen. An Kehlköpfen, welche von bereits lange aufbewahrten Kadavern entnommen sind, wo die Schleimhaut ödematös geschwollen ist — was an den Taschenbändern immer in höherem Grade stattfindet, als an den Stimmbändern — lassen sich dergleichen Tonphänomene am leichtesten hervorbringen. Auch wenn durch Niederlegen des Kehldeckels die obere Kehlkopfsapertur bis auf eine kleine, von den Capitula Wrisbergiana und Santoriniana begrenzte Oeffnung reducirt ist, können in dieser letztern tonar-

tige Schallphänomene entstehen, den wir jedoch keine grosse Aufmerksamkeit zu schenken brauchen.

2) Schwingungsmechanismen der Stimmbänder.

Unter „Stimmbänder" verstehen wir im anthropophonischen Sinne diejenigen Theile der innern Auskleidung des Kehlkopfs, welche bei mehr oder weniger vollkommenem Schlusse der Knorpelglottis beim Anblasen von der Luftröhre aus primär in stehende, also tonfähige Schwingungen zu gerathen fähig sind. Es bestehen daher die Stimmbänder, wenn wir die Summe der hierbei möglichen Tonphänomene zusammenfassen, nicht nur aus den untern Duplikaturen des elastischen Gewebes, welche zwischen Schild- und Giessbeckenknorpel querüber von vorn nach hinten ausgespannt sind, sondern auch aus denjenigen Theilen, welche in diesen Falten liegen, also den Fasern des Musculus thyreo-arytaenoideus internus. Das ganze Stimmband, der Stimmbandkörper im weitern Sinne, stellt also quer durchschnitten ein Prisma dar, dessen eine Fläche nach oben, die andere nach innen und unten, die dritte nach aussen gekehrt ist. Die obere sieht gegen das Taschenband, die innere gegen das Stimmband der andern Seite, die äussere ist an die übrige innere Muskulatur des Kehlkopfs angewachsen, und die ideale Grenzfläche derselben werden wir hier etwa da zu suchen haben, wo die parallel zu den Stimmbandfalten laufenden Fasern des Stimmbandmuskels in die schiefen des Stratum thyreo-arytaenoideum externum und arysyndesmicum übergehen. Ausserdem haben wir behufs unserer phonischen Betrachtungen das ganze Stimmband zu unterscheiden in den von den Muskelfasern nach innen divergirenden, durch den Zusammenstoss der obern und innern Fläche gebildeten, mehr oder weniger zugeschärften, nur aus elastischem Gewebe bestehenden Rand (Kante) des Stimmbands, welcher der obern und innern Zone desselben entspricht, und den Stimmbandkörper im engern Sinne, der die beiden übrigen Zonen begreift, und nach diesen wiederum in eine innere obere, und äussere untere Abtheilung unterschieden werden kann.

Je nachdem nun diese Stimmbänder bei vorhandenem Schluss der Knorpelglottis die früher S. 158 genauer angeführten Veränderungen in verschiedener Ausdehnung und Kombination erleiden, muss auch, wenn ein Luftstrom durchgeführt wird, der Mechanismus der dadurch angeregten Schwingungen verschieden, von dem der nur in 2 Dimensionen ausgedehnten Kautschukbändern abweichend, ausfallen, und die dadurch hervorgerufenen akustischen Phänomene sich in entsprechenden Modifikationen oder Tonregistern darstellen.

Wir wollen jedoch unsern spätern am lebenden Organe anzustellenden Untersuchungen hier nicht vorgreifen, demnach auch nicht sofort von einer präkoncipirten Registertheorie ausgehen, bei welcher wir leicht versucht werden könnten, dasjenige bei unsern Experimenten zu sehen und zu hören, was wir eben gern finden möchten: sondern wir halten uns zunächst an das, was uns der todte Kehlkopf bietet und bieten kann. Dass er durchaus nicht als Repräsentant des lebenden Organs gelten kann, dass also die Resultate der an ihm angestellten Experimente nicht ohne Weiteres zur Erklärung der am lebenden Organe hörbaren, aber dem Auge entzogenen Phänomene verwendet werden dürfen, dass sie vielmehr erst durch genaue, nicht jedem Anatomen geläufige, erst nach langer Uebung fruchtbringende Be-

obachtungen und Explorationen am lebenden wo möglich kunstgeübten Organe kontrolirt und gleichsam lebensfähig gemacht werden müssen, das begreift jeder, der die beschränkten Resultate der nekroskopischen Kehlkopfsuntersuchung mit den möglichen Leistungen des lebenden Kehlkopfs mit kunstgebildetem Ohre zu vergleichen gelernt hat. Der ungeheuer bedeutungsvolle Mangel der Muskelkontraktion im todten Kehlkopf bewirkt eine ebenso gewaltige Kluft zwischen beiderlei Phänomenen, welche auszufüllen die bisherigen Forschungen, so verdienstvoll sie zum Theil auch sind, dennoch kaum einen Anfang gemacht haben. Von dem Sichselbstspannen, das im lebenden Kehlkopf eine so gewaltige Rolle spielt, ist im todten nichts vorhanden: jede Spannung ist hier eine passive, und die Mittel, die uns zu Gebote stehen, die aktive (muskulöse) Spannung der Stimmbänder einigermaassen nachzuahmen, sind schwerlich solche, die ein dem lebenden Vorgang völlig gleichkommendes phonisches Resultat erwarten lassen. Uebrigens ist dies nur ein Beispiel aus vielen.

Wir haben in dem angeführten Abschnitt (S. 158) als die Haupt- und Grundveränderungen an den Stimmbändern folgende kennen gelernt: Veränderungen der Länge, der Dicke und Form, der Konsistenz, der Spannung und der gegenseitigen Lage der Stimmbänder. Durch die Operation und Kooperation dieser verschiedenen Faktoren während des verschieden gespannten Luftanspruchs entstehen mehrere Verschiedenheiten des Schwingungsmechanismus der todten Stimmbänder, welche ebenso viel verschiedene Tonregister bedingen, und von welchen auf Grund meiner bisherigen Beobachtungen und Versuche wenigstens fünf mit Sicherheit aufgestellt werden können. Es sind dies folgende:

1) Das Durchschlagregister, oder Grundregister, ohne Seitendruck.
2) Das Gegenschlag- oder Seitendruckregister.
3) Das Aufschlagregister bei Trägheit der elastischen Gebilde.
4) Das Oberzonenregister mit Glottisschluss.
5) Das Oberzonenregister mit offener Glottis.

Diese Ausdrücke sind zwar einigermaassen willkührlich gewählt, doch deuten sie, wie ich hoffe, ziemlich deutlich den dem betreffenden Register zukommenden Bändermechanismus an; dabei sind sie kurz und leicht zu behalten, und lassen sich die weitern Interpretationen leicht daran anknüpfen.

Ausdrücke dagegen, wie Brustregister, Kopfregister u. dgl. sind begreiflich an einem todten Organe, das weder Brust noch Kopf hat, nicht statthaft. Ob die eben erwähnten Register des todten Kehlkopfs mit einem oder dem andern Register des lebenden Organs verglichen werden dürfen, werden wir natürlich erst später, wenn wir die Funktionen des letztern genau untersucht haben werden, ausmachen können.

Wir stehen jetzt wiederum vor einem Gebiete der Anthropophonik, dessen Bearbeitung zu den schwierigsten und mühseligsten Aufgaben der Wissenschaft gehört, um so mehr, je abweichender von einander die Resultate der bisherigen Arbeiten ausgefallen sind, und je weniger das bisher Geleistete den wahre Belehrung Suchenden befriedigen, und für die Kunst wirklichen Nutzen bringen kann. Hiermit soll nicht etwa gesagt sein, dass die akustischen Versuche am einzelnen ausgeschnittenen Kehlkopf grosse Schwierigkeiten darböten, die Technik dieser Untersuchungen ist bald gelernt, die Versuche selbst mit ihren unmittelbaren, das Ohr oft leidlich angenehm affi-

cirenden Resultaten sind gar nicht uninteressant. Aber die Schwierigkeiten kommen erst hinterdrein, und die Freude, welche man bei der Untersuchung der ersten Kehlköpfe empfand, wird gewaltig getrübt, wenn man später wahrnimmt, dass die Theorie, die man sich auf Grund dieser erst erhaltenen Ergebnisse vorschnell aufbaute, falsch ist, durch die akustischen Phänomene neuer Kehlköpfe geradezu über den Haufen geworfen wird, wenn man inne wird, dass man bei den ersten Versuchen gerade die Hauptsache übersehen hat, dass man immer wieder von Neuem anfangen muss u. s. w. Freilich, wer, wie die Mehrzahl meiner Herren Vorgänger, den Kehlkopf in Fesseln schmiedet, dass er nur so sich rühren und rüppeln kann, wie es eben die Herren wollen, der hat weniger Schwierigkeiten zu überwinden, der gelangt auch bald zu einem Resultate, das nach etwas Glänzendem aussieht: ob aber die Wahrheit auf diese Art erfahren wird, wenn man dem, der sie aussprechen will, die Hände bindet, und ihm so zu verstehen giebt, dass er ja nichts anders spreche, als was er soll, das mögen diejenigen meiner Leser, die bessere Begriffe von Freiheit haben, entscheiden. Ich habe mich wenigstens mit dem gerügten Verfahren nicht verständigen können. Kein Organ des menschlichen Körpers besitzt eine grössere Freiheit und Mannichfaltigkeit seiner Bewegungen, als der Kehlkopf: diese Freiheit muss man ihm aber auch gestatten, wenn man die Resultate jener Bewegungen kennen lernen will, sonst lernt man sie eben nicht, oder falsch und unvollständig kennen. Aber freilich, je mehr man dem Kehlkopf (oder den Kehlköpfen und zwar recht vielen Kehlköpfen) die Freiheit giebt, deren er sich während des Lebens erfreute, desto mehr wachsen auch die Schwierigkeiten der Beobachtung. Man überzeugt sich dann immer mehr und mehr, dass jeder Kehlkopf, so zu sagen, seinen eignen Kopf hat, dass er einem Individuum, das keinem andern völlig gleicht, angehörte, dass selbst der todte Mechanismus, nach welchem sich seine Stimmbänder bewegen, in keinem Kehlkopf genau so beschaffen ist, als im Andern, dass die sogenannten Tonregister für jeden einzelnen Kehlkopf relativ sind, sich je nach Geschlecht, Alter, Bildung u. s. w. zu einander verschieden stellen, dass sich absolute für jeden Kehlkopf gültige Register gar nicht aufstellen lassen, dass in keinem Kehlkopf sämmtliche Register vereint vorkommen, dass in dem einen das eine, in dem andern ein anderes des tonangebende oder das sprachgeläufige ist. Bei dieser grossen Komplikation der Verhältnisse begreift man, weshalb bisher auf dem in Rede stehenden Gebiete noch verhältnissmässig so wenig geleistet worden ist; man wird jedoch auch meiner Versicherung Glauben schenken, dass ich trotz aller Mühe und Arbeit noch nicht an das Ziel, das hier zu erreichen wünschenswerth ist, gelangt bin, sowie ich aber auch einer nachsichtigen Aufnahme desjenigen, was ich zu geben vermag, entgegensehe.

a) Das Durchschlag- oder Grundregister.

Mit diesem Register machen wir den Anfang, weil es dasjenige ist, was sich am todten Kehlkopf, sobald man ihn nothdürftig, am besten auf die von Despiney und mir angegebene Art zum Tongeben vorbereitet hat, beim Hintanspruch fast regelmässig darbietet. Dabei muss jedoch, wo irgend möglich, der Kehlkopf unverstümmelt geblieben sein: jede Verstümmelung oder Wegschneidung der oberhalb der Stimmbänder liegenden Theile ändert die Elasticitäts-, Zug- und Spannungsverhältnisse der Theile, auf die es

hier zunächst ankommt, in erheblichem Grade, und jedenfalls ist *J. Müller* hauptsächlich aus diesem Grunde schon über dieses, an *keinem* Kehlkopfe fehlende und verhältnissmässig am leichtesten zu erhaltende Register nicht recht ins Klare gekommen. Da er wohl schon bei seinen ersten Versuchen zu vorschnell auf Fisteltöne ausging (womit ich ihm übriges durchaus keinen Vorwurf machen will, denn ich bin, als ich dergleichen Versuche [vor etwa 18 Jahren] anfing, in denselben Fehler gefallen), und bald wahrnahm, dass sich besonders männliche Kehlköpfe, die freilich bei ihrer Härte eine genauere Einsicht in die Glottisschwingungen nicht gut gestatten, sich zu deren Erzeugung eignen, so schnitt er, um besser sehen zu können, die obern Kehlkopfpartien weg, und begab sich auf diese Weise der Gelegenheit, das in Rede stehende Register in seiner vollen Ausdehnung und Bedeutung kennen zu lernen. Freilich erfährt man aus der Relation seiner Versuchsresultate von 1. bis 16. merkwürdiger Weise gar nicht, nach welchem Mechanismus die daselbst erwähnten Tonphänomene, namentlich die höhern unter 14. und 16. erhaltenen, erzeugt worden sind. Erst von No. 18. an gedenkt er des Unterschieds zwischen den sogenannten Brust- und Falsettönen; ob aber unter den bereits früher dem Leser vorgeführten Tönen Falsettöne begriffen waren, darüber lässt er den Leser völlig im Unklaren. Wie dem auch sei, soviel ist gewiss, dass man dieses erste unserer Register zwar an allen menschlichen Kehlköpfen, am vollständigsten und bequemsten jedoch an unverstümmelten *weiblichen* Kehlköpfen erhalten und beobachten kann. Ich hatte das Glück, gleich zu meinem ersten Versuch, den ich auf diesem Gebiete anstellte, einen noch sehr frischen und in fast jeder Hinsicht ausgezeichnet normal beschaffenen jungfräulichen Kehlkopf zu erhalten, dessen Bänder von ihrer grössten Erschlaffung bis zu ihrer grössten Längenspannung ohne irgend einen absichtlich vorgenommenen Seitendruck mittels dieses Registers den sukcesiven Tonumfang von g bis fis^2 gaben. Die Stimmlage der Person, der dieser Kehlkopf angehörte, schien demnach die des Altes oder Mezzo-Soprans gewesen zu sein. Der mittlere Ton, den dieser Kehlkopf bei Vermeidung jedes Zuges und Druckes gab, war e$'$—f$'$. Bei diesem ersten Kehlkopf (und später einer Menge andern) kam mir trotz alles Zuges an den Stimmbändern doch kein Phänomen vor, was ich mit nur einiger Wahrscheinlichkeit den Falsettönen *Müller's* hätte vergleichen können, weshalb ich nicht begreifen kann, wie dieser sonst so vortreffliche Beobachter sagen konnte, dass bei *jedem* die blosse Spannung der Stimmbänder durch das Ligam. conoideum überschreitendem Längenzuge keine „Brusttöne" (welche dem gegenwärtigen Register offenbar entsprechen) mehr erfolgen, sondern nur „Fisteltöne". Ich kann zwar nicht läugnen, dass ich auch Kehlköpfe (männliche) vor mir gehabt habe, bei welchen das Grundregister nur 4 Stufen über den Mittelton beim Indifferenzzustand der Stimmbänder (den wir auch durch „Null" bezeichnen können, wenn es auf Vergleichung der steigenden und fallenden Töne abgesehen ist) sich erhöhen liess, in der Regel habe ich aber eine weit grössere Ausgiebigkeit dieses Registers beobachtet.

Bei genauem Verschluss der Knorpelglottis legen sich die Stimmbandränder, die vorher in der Regel ein wenig in nach der Mitte ihrer Lage allmälig bis etwa auf $^1/_2$ — $^2/_3$''' wachsender Breite von einander abstanden, und so eine lanzettförmige Glottisöffnung bewirkten, beim Eintritt der Schwingungen gegen einander, so dass die Glottis geschlossen erscheint.

Dabei wird das ganze Stimmband bis zum Ventrikelgrund gehoben und die obere Fläche des Bandes aufwärts konvex gekrümmt. Die Schwingungsbewegungen erstrecken sich nach Maassgabe der Luftgebung mehr oder weniger über den ganzen Stimmbandkörper, und bei hinlänglicher Lufttension auch auf die weiter ausser- und oberhalb gelegenen elastischen Gebilde. Die Kehlkopfwurzel wird nach oben bewegt, und so die zwischen ihr und der vordern Insertion der beiden Bänder liegende Grube erweitert, der Kehldeckel selbst etwas niederwärts, die Taschenbänder einwärts bewegt*). Hinsichtlich der eigentlichen tongebenden Schwingungen brauchen wir die erste (obere) und zweite (mittlere) Zone des elastischen Stimmbandes nicht genau von einander zu unterscheiden. Wenn man bei guter Beleuchtung und wo möglich mit einer konvexen Brille bewaffnet den Vorgang betrachtet, so erscheint hier die Schwingungssphäre in der Glottisgegend wie eine prismatische oder kahnförmige nach vorn und hinten in eine Spitze auslaufende Furche, deren eine Kante gerade nach unten gekehrt ist und in der Glottislinie liegt, während die beiden andern ausgeschweiften Kanten derselben auf- und seitwärts sehen. Bei der einzelnen Schwingung scheint nämlich die mittlere Bandzone durch den Druck und die Reibung der Luft nach innen, aus ihrem Niveau heraus getrieben zu werden und einen Wellenberg zu machen, der gegen den ihm von dem andern Bande entgegenkommenden schlägt. Gleichzeitig scheint die Rand- oder obere Zone des Bandes zurückgedrängt zu werden, also gleichsam ein Thal oder einen Rückgang zu machen. Im 2. Momente geht nach dieser Ansicht die mittlere Zone seitwärts zurück, stellt so die anfängliche Glottisöffnung wieder her, während die obere Zone einen Vorgang zu machen, gegen die Glottislinie hin sich zu bewegen scheint, ohne jedoch sich der ihr von der andern Seite entgegenkommenden obern Zone bis zur Berührung zu nähern. Letzteres glaubte ich nicht allein aus der Okularinspektion, die schon oft getrogen hat, sondern hauptsächlich aus folgendem Versuch schliessen zu dürfen. Wenn ich während dieser Schwingungen einen schmalen dünnen Gegenstand zwischen die beiden Randzonen hielt, so blieben die Schwingungen ungestört, und die Tonhöhe und sonstigen Eigenschaften des Tones unverändert, während der ganze Vorgang unterbrochen oder bedeutend abgeändert wurde, wenn ich jenen Körper tiefer herab bewegte, so dass er auch zwischen die beiden mittlern Bandzonen gerieth. Ich schloss hieraus, dass bei den Schwingungen des in Rede stehenden Registers die in eine Falte zusammengeschobene mittlere Zone des elastischen Stimmbandüberzugs der des andern Bandes entgegenschlage, durch diese Bewegung der momentane Schluss der Stimmritze erzeugt und durch dessen Wiederholung die Schwingungszahl des Tones bestimmt werde, während die obere Zone des Stimmbandes, die Stimmbandkante, sich bei ihren Schwingungen von der gegenüberstehenden in einem gewissen, nach meinen Schätzungen $1/2$ bis 1''' betragenden Abstand entfernt halte, und jeden-

*) Als ich einen (männlichen, in seinen einzelnen Theilen sehr leicht und umfänglich beweglichen) Kehlkopf so auflegte, dass er nur auf den Ringknorpel gestützt war und der Schildknorpel frei beweglich blieb, da wurde dieser bei jeder mässig starken Intonation merklich aufwärts gezogen, die Glottis also durch den blossen Luftanspruch, durch die Auftreibung der Bänder verkürzt, wobei die Taschenbänder und die Wurzel der Epiglottis einwärts sich bewegten, die Ventrikel sich füllten und der Grund des Sinus pyriformis sich auftrieb. Der Ton behielt seine Stufe. — Dieser Versuch ist von Interesse für die Theorie der Kompensation, s. w. u.

falls zur Tonstufe nichts beitrage. Bei genauerer Erwägung der Verhältnisse erschien mir aber doch diese Ansicht zweifelhaft, und ich finde daher jetzt die Annahme wahrscheinlicher, dass man bei dem eben beschriebenen Schwingungsphänomen nur eine und dieselbe Glottiszone in Bewegung sieht, welche zwar in schräger Richtung in ähnlicher Weise, wie die elastischen Bänder bei den gegenschlagenden Schwingungen sich hebt und senkt, deren Schwingungen aber, in Erwägung, dass dieselbe in ziemlicher Breite (also der ganze Stimmbandkörper, so weit er vom Luftstrome bewegbar ist) in Schwingungen geräth, hinsichtlich des Toneffekts dem Grundregister oder dem Durchschlagregister beigerechnet werden müssen. Denn die Schwingungszahl der hierher gehörigen Töne liegt nicht über dem mittels des Tubulus zu erhaltenden Grundton, sondern stimmt mit demselben, soweit ich hierüber Versuche angestellt, so ziemlich überein Um zu erfahren, wie weit die Glottis im 2. Momente des Schwingungsvorgangs zwischen den beiden mittlern Zonen sich öffnet (beim Sehen von oben erblickt man hier nach optischen Gesetzen die Glottis stets geschlossen), hielt ich das Präparat bei hellem Sonnenlicht so, dass letzteres durch die vordern diaphanen (und absichtlich noch vorher verdünnten und so durchscheinender gemachten) Stellen der vordern Kehlkopfwand durchscheinen konnte, wobei ich wahrnahm, dass die Glottis sich wie ein lanzettförmiger Spalt verhielt, etwa ebenso weit, als die bei der Inspektion von oben her sichtbare prismatische Furche austrug.

So stellte sich der Schwingungsvorgang ungefähr bei den mittlern oder tiefern Tönen dieses Registers dar. Bei den höhern Tönen, wo das elastische Bandgewebe in die Länge gezogen ist, wird natürlich die Breite der schwingenden Glottiswände verringert und auch die Spaltöffnung, sofern nicht die Lufttension in entsprechendem Maasse verstärkt wird, verschmälert. Bei Piano-Anspruch sind überhaupt die Exkursionen kleiner, und die Stimmbänder schwingen nicht in so grosser Breite, als beim Forte, wo die Schwingungen meist bis in die Ventrikelrinne reichen und ziemlich hoch gehen. Desgleichen kommt es bei zu schwachem Anspruch zuweilen vor, dass die Stimmbandränder sich beim Schwingen nicht in ganzer Länge an einander legen, sondern ein Theil der Glottis, und zwar allemal der hintere, offen bleibt. Demnach ist vollständige Gegeneinanderlagerung beider Glottisflächen kein unbedingtes Erforderniss dieses Registers. Die Tonstufe wird durch einen solchen partiellen Glottisschluss wenig geändert, höchstens etwas erhöht; das Timbre dagegen wird verschlechtert, der Ton wird heiser, hauchend, weil die durch die Glottis streichende Luft nicht vollständig zu Tonschwingungen verarbeitet und dabei auch eine verhältnissmässig stärkere Tension der Luftsäule erfordert wird, um jene Schwingungen, die auch nicht so ausgiebig und breit sein können, hervorzurufen.



Fig. 146.

Zuweilen kommt es auch am todten Kehlkopf vor, dass nur das eine Band schwingt, das andere nicht, oder wenigstens das eine mehr, ausgiebiger, als das andere. In diesem Falle sind die beiden Bänder von Haus aus nicht gleichmässig gespannt, das schwingende oder stärker schwingende weniger, als das andere. Diese Abnormität ist entweder eine organische, schon im Leben vorhanden gewesene (besonders durch ungleiche Zusammen-

fügung der beiden Schildknorpelflügel erzeugt), oder sie wurde erst bei der Präparation durch ungleiche Stellung der Giessbeckenknorpel bewirkt.

Der Umfang dieses Registers geht bei männlichen, unverstümmelten Kehlköpfen von den höhern Tönen der grossen Oktave bis zu den tiefern Tönen der eingestrichenen. Nach Wegnahme der Taschenbänder lässt sich dasselbe nicht mehr so weit erhöhen, dafür erhält es gewöhnlich einige Töne mehr in die Tiefe. Es kommt natürlich hier viel auf die Dimensionen der Stimmbänder an, ob der Kehlkopf bei Lebzeiten eine Tenor- oder Bassstimme gegeben hatte. An einem Kehlkopfe, welcher einem Bassisten angehört hatte, liess sich das Register ohne Verletzung des Kehlkopfs durch blosse Rückwärtsbewegung des Schildknorpels bis auf C vertiefen. Der Mittelton war hier F. Der höchstliegende männliche Kehlkopf, den ich untersuchte, ging von c—g^1. Wo das Register scheinbar höher ging, da geschah es jedenfalls durch Anfügung des 3. Registers. Bei weiblichen Kehlköpfen liegt unser erstes Register durchschnittlich eine Oktave höher, als bei männlichen. Der tiefstliegende der von mir untersuchten ergab einen Umfang von e—a^1, der Höchstliegende g—fis^2. Noch ist zu bemerken, dass nicht nur längeres Fortsetzen der Versuche, namentlich des Längenzuges, sondern auch der Einfluss von verdünntem Spiritus, in welchem man das Präparat eine Zeitlang liegen liess, die Stimmlage dieses Registers herabdrückt. Besonders geben Kehlköpfe von Greisen, nachdem man einige Zeit damit experimentirt hat, dieses Register mit tieferer Lage an, als zu Anfange der Versuche, und an einem weiblichen Kehlkopfe, der in frischem Zustande dieses Register mit den Grenztönen f—c^2 angab, fiel dasselbe, nachdem das Präparat etwa 4 Monate in verdünntem Spiritus gelegen und dadurch einen Theil seines „Fluidum“ verloren hatte, auf c—e^1.

Die Abstufung der diesem Register angehörigen Töne geschieht durch alles, was dem elastischen Gewebe der Stimmbänder eine grössere oder geringere Spannung giebt. Hierher gehört, was zunächst die erhöhenden Motive anlangt, vor Allem die direkte Verlängerung der Bänder durch Zug an demselben nach vorn im Sinne des M. cricothyreoideus (und der aufwärts ziehenden Muskeln der Linea obliqua), ferner die Spannung derselben, welche seitwärts ausgeübt wird dadurch, dass die obern elastischen Gebilde des Kehlkopfs nach verschiedenen Richtungen an- oder ausgespannt werden: am todten Kehlkopf durch Auseinanderziehen der obern Kehlkopfbänder, durch Aufwärtsziehen der Epiglottis; Bewegungen, welche im Leben besonders durch gleichzeitige kombinirte Aktion der nach unten und der nach oben und vorn den Kehlkopf ziehenden Muskeln bewirkt werden. Diese Kräfte werden noch etwas unterstützt durch Verstärkung der Kraft, welche die Stimmfortsätze gegen einander presst. Das dritte tonerhöhende Moment ist Verstärkung des Luftanspruchs bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen der Stimmbänder. Am todten Kehlkopf lässt sich durch allmälig wachsende Tension der ansprechenden Luftsäule ein mittler Ton des in Rede stehenden Registers bis auf 1 Quarte erhöhen. Ueber die dabei zusammenwirkenden weitern Verhältnisse sprechen wir später ausführlicher. —

Die Vertiefung geschieht im Allgemeinen durch die entgegengesetzten Bewegungen; für die unter Null liegenden Töne ausserdem noch durch Rückwärtsbewegung des Schildknorpels gegen die Hinterwand des Kehlkopfs, im Leben, wie es scheint, ohne gleichzeitige Mitwirkung des M. thyreo-arytaenoideus internus, aber bei gleichzeitiger, aber mässiger Relaxation

der Muskelkräfte, welche die Stimmfortsätze gegeneinander gedrückt halten. An einem männlichen Kehlkopf (wo ich freilich die Giesskannknorpel mit einer krummen Nadel durchstochen und so gegen einander fixirt hatte) erhielt ich die tiefsten Töne (c, H) nur dadurch, dass ich mittels der der eigenen Federkraft überlassenen Spitzen einer Pincette die Taschenbänder auseinander hielt, und so den obern Kehlkopfraum erweiterte. Im Leben würde dieser Zweck durch die mehr oder weniger kombinirte und sukcessiv bis auf ihr Maximum gesteigerte Kontraktion der Mm. attollentes et retrahentes laryngem bei gleichzeitiger vollständiger Relaxation des M. cricothyreoideus und unvollständiger Relaxirung des M. cricoarytaenoideus lateralis erreicht werden: ob dem wirklich so ist, und ob nicht im Leben noch andere tonvertiefende Elemente in Wirksamkeit treten, werden wir später untersuchen.

Was das so wichtige Verhältniss dieses Registers zu den andern Registern des todten Kehlkopfs anlangt, so haben mir meine zahlreichen darüber angestellten Versuche Folgendes gelehrt. Es steht in absolutem Gegensatz zum 5. oder offenen Oberzonenregister, d. h. es lässt sich ohne einen vermittelnden Mechanismus nicht in dies letztere Register überziehen, sondern springt sofort in dasselbe um, sobald bei einer gewissen Einstellung der Anspruch in entsprechender Weise geändert wird. Dieser Sprung kann 12 bis 15 Stufen betragen, bei manchen Kehlköpfen (männlichen) auch weniger. Zuweilen kommt es vor, dass das 5. Register, wenn der Luftstrom stärker und voller gegeben wird, von unserem 1. als Interferenz begleitet wird, namentlich habe ich dies Phänomen an Kehlköpfen suffokatorisch Gestorbener oder solchen, welche schon lange gelegen habenden Kadavern entnommen waren, beobachtet. Darüber sprechen wir später mehr. In relativem Gegensatz steht unser Grundregister zum 2. und 4. Register; d. h. es kann der Mechanismus des Grundregisters ohne Zwischenmittel in den des zweiten oder vierten Registers übergeführt, gleichsam abgelöst werden oder es lassen sich die speciellen bei No. 2 und 3 wirksamen Kräfte mit den von No. 1 kombiniren: auf der andern Seite kommen aber auch Sprünge aus dem 1. ins 2. oder 3. Register und umgekehrt vor, sobald bei einer gewissen Kehlkopfdisposition der eine oder andere Mechanismus plötzlich geändert wird. Vom 4. Register steht das Grundregister bei einer gewissen Einstellung in der Regel um 11 (zuweilen nur um 4 — 5) Stufen ab: Interferenzphänomene sind hier noch leichter möglich, als beim 5. Register. Zuweilen habe ich bei einer und derselben Kehlkopfdisposition das 5., 4. und 1. Register hintereinander folgend beobachtet, z. B. h^2 (Vorton, analog frühern Phänomenen, s. S. 467. 485), fis^2, als Hauptton, von d^1 als Interferenzton begleitet oder mit ihm abwechselnd. Bei Opposition zu Register 5. erfordert der Ton des 1. Registers stärkeres Blasen, bei Opposition zum 4. Register schwächeres. Verwandt ist das Grundregister dem 4. oder geschlossenen Oberzonenregister dadurch, dass sich die höhern Töne des erstern ohne Sprung und ohne besondere Vermittelung in die des 4. überziehen lassen: mit dem speciellen Motiv des 2. Registers kann sich das Grundregister fast auf jeder Stufe seiner Skala verbinden. Noch inniger ist die Verwandtschaft der untern Töne des 1. Registers mit dem dritten oder Aufschlagregister: die tiefsten Töne des 1. verlangen, um noch weiter vertieft zu werden, durchaus den Zutritt des Mechanismus des 3. Registers.

Das Timbre oder die Klangfarbe des Grundregisters ist nur selten an

ausgeschnittenen Kehlköpfen ein angenehmes. Nur an wohlgebauten, jugendlichen Kehlköpfen mit straffen, feingeschnittenen Stimmbändern klingen die Töne dieses Registers, besonders die mittlern und höhern, gut, und haben, was man sagt, einiges Metall und einige Intensität. Die tieferen Töne beanspruchen wegen der Schlaffheit der Glottiswände viel Luft, von welcher ein Theil unverarbeitet entweicht; die einzelnen Stösse der mittlern Zone der Stimmbänder folgen oft nicht in gleichen Zeitabschnitten aufeinander, was den Ton unrein, schnarrend macht. Die höchsten Töne, wenn man sie durch verstärkten Luftanspruch erzwingen will, schlagen oft über, in ein Mittelding zwischen 4. und 5. Register, das jedoch selten höher als 1 Oktave, oft weit weniger (in einem Falle nur 1 Tertie) über dem beabsichtigten Tone des 1. Registers liegt. Sie klingen dann schreiend oder pfeifend: die Schwingungen der 2. Zone sind überwunden.

b) Das Gegenschlag- oder Seitendruckregister.

Bisher hatten wir am todten Kehlkopf nur dadurch Tonphänomene erzeugt, dass wir die Stimmbänder durch einen gegen die Giesskannenknorpel ausgeübten Seitendruck, der zugleich eine gewisse Drehung derselben um ihre Axe bewirkte, an ihren hintern Insertionsstellen gegen einander bewegten, und so die Glottis vocalis bei Verschliessung der sogenannten Glottis respiratoria s. cartilaginea in einer Weise herstellten, dass ohne weiteres Hinzuthun durch einen sie durchstreichenden Luftstrom ihre Wandungen in tonfähige Schwingungen versetzt wurden. Die Abstufungen der dabei erzeugten Töne bewirkten wir zunächst durch vermehrte oder verminderte Längenspannung der Stimmbänder, ohne dass von den Seiten her ein Druck auf dieselben ausgeübt wurde. Jetzt ändern wir den Mechanismus dergestallt, dass wir vorläufig von dem gedachten Längenzug ganz absehen, den Kehlkopf in seinem Indifferenzzustand lassen, in welchem die Stimmbänder zum Ligam. conicum im Gleichgewicht stehen, dafür aber in verschiedenen Richtungen und Modifikationen Kräfte einwirken lassen, welche die Stimmbänder entweder von oben nach unten drücken, oder von der Seite her gegen die Glottislinie hin, beide Bänder also auch gegen einander bewegen. Das von mir dabei eingeschlagene Verfahren war einfach. Ich hielt während des Schwingens (nach dem vorigen Mechanismus) auf die obern Flächen der beiden Stimmbänder irgend einen festen Körper dergestalt, dass dieselben an ihrer Bewegung nach oben, vom Luftstrome abwärts, behindert wurden, wie wir dasselbe früher an den Kautschukmembranen machten, um sie an der segelartigen Auftreibung zu verhindern. Oder ich nahm zwei Skalpellhefte, senkte sie parallel zur Glottis in die Ventrikelrinnen, und drückte sie nieder- und seitwärts, wobei ich sie auch nach Umständen mehr oder weniger von den Bänderkanten entfernt aufsetzte. Gleiche Wirkung erzielte ich so ziemlich mit den Spitzen einer etwas breit fassenden Pincette, an welche ich bei einigen Versuchen zwei Stückchen Holz befestigte, die eben so lang als die Stimmglottis im laxen Zustande und durchschnittlich 1‴ breit und $^2/_3$‴ dick waren, so dass diese Holzstückchen, wenn ich mit der Pincette die Stimmbänder zu fassen suchte, neben und parallel zu denselben zu stehen kamen, und bei Gegenbewegung der beiden Schenkel ein gleichmässig auf die ganze Länge der beiden Glottiszonen wirkender Druck erzielt wurde.

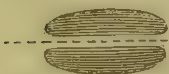


Fig. 147.

Die physikalen Veränderungen, welche durch einen auf eine solche Weise ausgeübten Druck an den Stimmbändern hervorgebracht werden, sind nicht so einfach, als man vielleicht auf den ersten Blick zu denken geneigt ist, sie lassen sich vielmehr auf verschiedene Art modificiren. Es würde sogar zu weit führen, wenn ich alle hierbei möglichen Veränderungen einzeln aufführen wollte, ich beschränke mich daher nur auf die wichtigsten, wiederholt in gleicher Weise beobachteten. Zunächst wird die Auftreibung der Stimmbänder oder der ganzen Stimmbandkörper, ihre nach oben gehende Aufblähung, durch einen auf die obere Fläche des Stimmbands ausgeübten Druck verhindert oder beschränkt: dadurch werden die Stimmbänder der gegen sie andrückenden Luftsäule entgegen gebracht, am Ausweichen verhindert und so ihre Spannung vermehrt. Ich brauche nicht erst ausdrücklich zu erwähnen, dass der Ton, den sie vorher gaben, hierdurch erhöht werden muss. Ist die Einwirkung des drückenden Körpers dabei eine solche, dass gleichzeitig die jenseits des letztern liegende Breitenzone des Stimmbands gedämpft oder schwingungsunfähig gemacht wird, so muss diese tonerhöhende Disposition noch beträchtlich gesteigert werden, da, wie wir wissen, durch Verschmälerung einer elastischen Zunge deren Schwingungen caeteris paribus beschleunigt werden. Also schon der einfache Niederdruck der Bänder vermag eine bedeutende tonabstufende Wirkung zu erzielen, auch wenn die Glottis selbst dabei nicht direkt in ihren Verhältnissen alterirt wird, obgleich wohl kaum die gedachte Einwirkung ohne einige Auftreibung der innern Bandwand denkbar ist. Kommt aber nun noch beiderseits ein von der Seite, von der Ventrikelgegend aus wirkender Druck hinzu, der am todten Kehlkopf immer auch mit einem Niederdruck verbunden sein muss, so treten neue Veränderungen ein. Der Glottiskörper, der beim ersten Register sich völlig passiv vom Luftstrome wegschieben, in eine halb fluidare Wellenbewegung versetzen liess, wird jetzt nach unten und nach innen dem Luftstrome entgegengeschoben; und wenn derselbe Vorgang auch auf der andern Kehlkopfhälfte stattfindet, werden beide Glottiskörper gegen einander geschoben, so dass sie sich mit einer breitern Fläche berühren oder decken; es ist jetzt nicht mehr eine Glottis vorhanden, wie bei 2 elastischen Bändern, wo zwei „Kanten" zusammentreten, sondern die Glottis wird von zwei Wänden gebildet, deren Breite — eine Dimension, die früher sehr unbeträchtlich war — jetzt zur Länge der Bänder in ein mehr oder weniger austragendes Aliquotverhältniss tritt. Je nach Maassgabe des aufgewandten Drucks muss nun auch die Tension der Luft steigen, um diesen Druck zu überwinden und sich einen Durchgang zwischen die beiden Glottiswände zu verschaffen. Dennoch ist in der Wirklichkeit bei vielen Kehlköpfen der Anspruch, d. h. die Empfindlichkeit für tonbildende Schwingungen an den Stimmbändern, gerade jetzt, in Folge eines mässigen, die Glottisränder gerade noch nicht gegen einander drängenden Seitendrucks, erleichtert, weil die Angriffspunkte einander genähert worden sind, und die Luft nicht mehr in dem frühern Maasse unbenutzt durchzustreichen genöthigt ist. In solchen Fällen braucht aber auch die Tension der Luftsäule im Ganzen nicht so gross zu sein, man braucht nicht so viel Luft auf einmal auf einen bestimmten Spannungsgrad zu versetzen; obwohl die geringe Quantität Luft, welche jetzt durch die Glottis streicht, mit mindestens derselben Kraft auf die Glottiswände trifft, als vorher die grössere Masse. Bei dem seitlichen Gegendruck haben wir ferner zu bedenken, dass die Konsistenz der Bandkörper dadurch

vermehrt wird, dass letztere härter werden, und der Elasticitätsmodulus der Bänder dadurch zunimmt. Je nach der verschiedenen Art, Weise, Stelle, Intensität u. s. w. mit und an welcher gedrückt wird, müssen auch bald die obern, bald die untern Zonen der Stimmbänder vorwiegend zur Geltung kommen, muss die schwingende Glottiszone bald eine grössere, bald geringere Breite bekommen, muss die Kante des Stimmbands bald sich mehr, bald weniger zuschärfen, ausspannen, selbst verstreichen oder umrollen, dadurch nach Umständen die innere Wand des Stimmbands sich glätten und straffziehen, oder in eine Falte aufwerfen, die an beiden Stimmbändern einander gerade korrespondiren kann, in der Regel aber an dem einen Stimmband höher, an dem andern tiefer stehen wird. Kurz, es sind hier sehr verschiedene Veränderungen, wenigstens am todten Kehlkopfe, möglich, und zwar Veränderungen, die nicht alle in einem und demselben akustischen Sinne wirken, sondern sich zum Theil entgegenstehen und gegenseitig aufheben. Namentlich hat die Verbreiterung der innern Stimmbandfläche einen vertiefenden Einfluss, während die übrigen Veränderungen meist beschleunigend auf die Tonschwingungen wirken, aber auch durch ein zweckmässiges Zusammentreten vertiefender und erhöhender Einflüsse eine gewisse Kompensation erzielt werden muss.

Was die Schwingungen anlangt, welche bei diesem Register den Ton erzeugen, so sind dieselben schwerlich in allen Fällen von gleicher Beschaffenheit, in der Regel sind es gegenschlagende, weil die Luft bei ihrem Durchgang durch die Glottis nicht mehr passiv bewegliche, sondern eine gewisse Tension ihrer eigenen Tension entgegensetzende Körpertheile reibt und drückt, bei deren Ueberwindung es nicht zu Aufschlägen kommen kann. Die eigentlich sichtbaren Tonschwingungen sind freilich nur an der obern Zone zu beobachten, welche fast ganz wie die gegenschlagenden Kautschukbänder sich verhalten. Die Glottis erscheint während des Schwingungsvorganges geschlossen, ohne Furche, die Schwingungssphäre geht soweit, als es der Druck erlaubt, und offenbar schwingt der ganze Stimmbandkörper mit, so weit er kann. Freilich ist es wünschenswerth, dass dieser Schwingungsvorgang noch genauer analysirt wird: mir mit meinen einfachen Mitteln ist es noch nicht möglich gewesen, eine subtilere Analyse der Schwingungen des 2. Registers zu erzielen. Den Namen Ueberschlagregister habe ich nur deshalb gewählt, weil die Schwingungen der obern Zone vorzugsweise zur Erscheinung kommen.

Eine feste, bestimmte Definition des in Rede stehenden Registers ist nicht wohl möglich. Die durch die verschiedenen Manipulationen des auf die Stimmbänder ausgeübten Drucks hervorgerufenen Tonphänomene sind, wenn man verschiedene Kehlköpfe mit einander vergleicht, so mannichfaltig, die Uebergänge in scheinbar oder wirklich andere Register so leicht möglich, dass man Mühe hat, das Gleichartige vom Ungleichartigen und Verworrenen zu sondern. Wenigstens verhält es sich am todten Organ so, am lebenden werden wir bestimmtere Gesetze auffinden. Im Allgemeinen werden wir jedoch wenig irren, wenn wir in das Gebiet dieses 2. Registers alle diejenigen Tonphänomene verlegen, welche bei geschlossener Knorpelglottis mittels irgend eines von oben oder von der Seite her auf die Stimmbänder wirkenden Druckes nach Maassgabe desselben erhöht werden, mag diese Erhöhung durch gleichzeitig vermehrte oder verminderte Längenspannung der Bänder noch beschleunigt oder verlangsamt werden, oder nicht.

Hierdurch unterscheiden wir dies Register in bestimmter Weise von dem folgenden (dritten), bei welchem ein ähnlicher Mechanismus tonvertiefend einwirkt.

Die Tonphänomene dieses 2. Registers, wie sie sich mir bei meinen Versuchen darboten, zeigten besonders folgendes Uebereinstimmende und Eigenthümliche. Wo nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, da verstehen sich die nachstehenden Beobachtungen stets bei gleichbleibender, mittlerer Längenspannung der Stimmbänder.

Der anfängliche, nach dem Mechanismus des ersten Registers erhaltene Ton wird merklich und ausgiebig, bei guten, besonders weiblichen Kehlköpfen bis zu einer Quinte erhöht, sobald die Bänder durch die Spitzen einer von oben her auf die Mitte derselben gesetzten Pincette allmälig niedergedrückt und so an ihren Schwingungen nach aufwärts behindert werden. In einem Falle hatte schon Niederdrückung des einen Bandes diese Wirkung, während die des andern nur eine Tonerhöhung um eine kleine Tertie erzielen konnte. Bei manchen, besonders alten Individuen entnommenen Kehlköpfen, wo die Stimmritze auch nach Schluss der Knorpelglottis weit klafft und ohne Nachhülfe noch gar keinen Ton giebt, muss man wenigstens diese Manipulation anwenden, um die Bänder überhaupt zum Anspruch vorzubereiten.

Wenn man die beiden mit Holzfüssen (s. oben) versehenen Arme einer Pincette, oder 2 Skalpellhefte, oder etwas dem Aehnliches in die Ventrikelatrien setzt und dieselben auf diese Art zum Theil ausfüllt, dabei aber jeden Druck nach unten und innen vermeidet, so bleibt der bisherige Ton unverändert. Sobald aber diese Instrumente tiefer gedrückt werden, so wulsten sich die Stimmbänder mehr auf, werden dadurch stärker (in die Breite der Glottiswandung) gespannt und der Ton erhöht sich nicht nur um ein oder einige Stufen, sondern wird zugleich voller, besser klingend. In einem Falle wurde schon durch ziemlich leise Einwirkung der Pincettenarme auf die äusserste Breitenzone der Bänder ohne merklichen Druck nach innen der anfängliche (dem 1. Register angehörige) Ton um 6 bis 7 Stufen in die Höhe gesprengt. In diesem Falle verhielt sich einmal ausnahmsweise das 1. Register so, wie J. Müller will, nämlich es liess sich vom Nullpunkte an durch Längenspannung der Bänder nicht weiter als 4 Stufen erhöhen, und klang überhaupt schlecht.

Wenn man nun ausserdem noch einen Seitendruck ausübt, das heisst, die Glottisränder oder Glottiswände gegeneinander drückt, so ist man im Stande, eine noch weit grössere Tonerhöhung, bei gleichbleibender Längenspannung der Bänder zu erzielen. Die Resultate sind jedoch je nach der verschiedenen Handhabung der Kompressorien einigermaassen verschieden. Wir wollen aus diesen Verschiedenheiten nur die wichtigsten hervorheben.

a) Wenn man die Bandkörper mittels zweier Seitenkräfte nur einfach gegen einander bewegt, so dass die Glottiswände dadurch beträchtlich verbreitert werden, so wird der Ton caeteris paribus in entsprechendem Grade vertieft. In einem solchen von mir beobachteten Falle betrug diese Vertiefung 6 Stufen, obwohl einige, von mir freilich nicht gemessene, Kompression dabei stattfinden mochte. Darauf beruht zum grossen Theile das folgende (3.) Register.

b) Werden, wie vorhin, die Glottiswände beträchtlich verbreitert, dabei jedoch auch in einem gewissen, jener Verbreiterung aber noch nicht äqui-

valenten Grade zusammengedrückt, so wird der Ton immer noch etwas tiefer ausfallen, als er vorher war, demnach immer noch dem 3. Register zugerechnet werden müssen.

c) Steht jene Verbreiterung der Glottiswände und die Kompression der Bandkörper gegen einander in entsprechendem, kompensirendem Verhältniss, so bleibt in Folge der Kompression der Stimmbänder der Ton seiner Stufe noch unverändert, bekommt jedoch ein anderes, besseres Timbre.

d) Erst wenn die Verbreiterung der Glottiswände durch den Effekt der Kompression derselben gegen einander überwogen wird, was allerdings die Regel ist, findet eine entsprechende Tonerhöhung statt. Demnach ist das Princip derselben zunächst Kompression der Bänder bei möglichster Vermeidung der Verdickung oder Verbreiterung der Glottiswände. Das zweite Moment ist Verschmälerung der Bänder. In dieser Hinsicht verhalten sich die Stimmbänder genau so wie die Kautschukbänder bei gleichbleibender Spannung, und ich kann hier geradezu auf das dort Gesagte verweisen. Wenn ich die Stimmbänder, ohne ihre Dicke oder Wulstung zu ändern, mittels der Schenkel einer breitfassenden Pincette gegen einander drückte, so vermochte ich eine sukcessive Tonerhöhung von etwa einer Oktave zu erzielen. Schon wenn die Bänder einfach gegen einander bewegt wurden, wenn also im Sinne Liskovius' die Glottis verengt wurde, wurde eine merkliche Tonerhöhung erzielt.

e) Es kommt nun darauf an, ob man die Kompressorien auf die ganze Länge der Bänder oder nur auf einzelne Längenabschnitte derselben einwirken lässt, ob man die ganzen Bandkörper mit denselben fasst, oder nur die innere, oder die innere und mittlere Breitenzone derselben, ob man die innere Zone in der Mitte, am vordern oder am hintern Ende fasst, endlich natürlich, ob man stark oder schwach drückt, und ob man dabei gleichzeitig einen erheblichen Tiefdruck ausübt oder nicht.

f) Im ersten Falle, z. B. wenn ich die mit 2 Holzfüssen armirte Pincette in die Ventrikelrinnen einsetzte (es war ein weiblicher Kehlkopf) und sie allmällig zusammenknipp, erhöhte sich der Ton fast ganz so, wie durch allmäliges Vorrücken der Deckplatten bei Kautschukmembranen, bis auf die Decime des Grundtons, ohne dass während dieser Erhebung ein merklicher Sprung irgend wie und wann sich wahrnehmbar gemacht hätte. Dabei verlor aber der Ton ebenso allmälig an Fülle und etwas an Intensität.

g) Wenn ich 2 linealförmige Holzplättchen von $2\frac{1}{2}'''$ Breite und $\frac{1}{3}'''$ Dicke auf die äussere Breitenzone der Stimmbänder aufsetzte und gegen einander drückte, so vermochte ich den Ton nicht so rasch und nicht so weit zu erhöhen, als wenn ich dieselben auf die mittlere Breitenzone aufsetzte, und von hier aus den Gegendruck wirken liess. In letzterem Falle wurden aber die Töne je höher, desto gepresster und kleiner, und erforderten mehr Lufttension zum Anspruch. Ziemlich dieselbe Wirkung wurde erzielt, wenn ich die Schenkel einer breitfassenden Pincette in der Mitte der Länge der Stimmbänder aufsetzte und gegen einander drückte.

h) Einen auffallenden Unterschied in den Toneigenschaften beobachtete ich, je nachdem ich die innere Breitenzone der Stimmbänder in der Mitte, oder am vordern, oder am hintern Ende fasste und beide dann gegen einander drückte. Im ersten Falle, wenn ich die beiden Glottisränder nur leise, oberflächlich fasste und gegeneinander schob, ertönte (bei Vermeidung[?] von Aliquotoktaven) ein Ton, der gewöhnlich über eine Oktave höher lag, als

der Grundton dieses Registers, und wobei die obere Zone der Stimmbänder allein, wenigstens tonbestimmend, zu schwingen schien. Diese Töne sind ziemlich klangarm und springen scharf, aber ohne abzusetzen, in das tiefe Register um, sobald man die Pincette loslässt. Sie bilden den Uebergang des 2. ins 4. Register, s. weiter unten. Ziemlich dieselbe Wirkung hat diese Isolirung der innern Breitenzone der Stimmbänder, wenn man die Pincetteuarme am vordern Ende der Stimmbänder einwirken lässt: dagegen erhöht sich der Grundton nur verhältnissmässig unbedeutend, wenn man die der hintern Insertionsstelle benachbarte Portion der Bänder zusammendrückt.

Werden nun diese verschiedenen Grade und Methoden des Seiten- und Tiefdrucks in zweckmässiger Weise ins Werk gesetzt, so ist man an guten Kehlköpfen im Stande, vom Grundtone, d. h. dem Tone an, den die Stimmbänder bei der vorhandenen Indifferenzlage oder bei nur mässiger Längenspannung angaben, eine sukcessive Erhöhung bis zu einer Decime zu bewirken, eine Erhöhung, die natürlich noch gesteigert werden kann, wenn gleichzeitig die Längenspannung der Bänder vermehrt wird, während Verstärkung des Luftdrucks wenigstens die höchsten auf diese Art erzielten Töne nicht mehr erhöhen kann, weil dann Ueberschlag in ein anderes Register erfolgt.

Das Timbre oder die Klangfarbe der Töne dieses Registers ist im Allgemeinen besser, als die der des vorigen. Sie haben, namentlich die tiefern und mittlern, mehr Fülle, Stärke und Metall, als jene, und erlauben ein bedeutendes Crescendo, bei welchen der Ton auf derselben Stufe sich erhält, wenn in entsprechendem Grade der Seitendruck nachlässt, der Tiefdruck dagegen, oder die Kraft, welche die Glottiswandung verbreitert, zunimmt. Im Leben scheint diese Kompensation auf ganz einfachem, gar keine besondere neue Intervention erfordernden Wege zu Stande zu kommen, wie wir später untersuchen wollen. Die hohen Töne klingen am todten Organe nur hart und resonanzlos, wenn der Mechanismus der Kompression die sekundäre Mitschwingung der benachbarten elastischen Gebilde zu sehr verhindert.

Von Wichtigkeit sind die Verwandtschaften dieses Registers zu den übrigen. Am nächsten verwandt ist es dem ersten, dem Durchschlag- oder Grundregister, das bei manchen Kehlköpfen, besonders solchen mit weit klaffender Stimmritze, erst durch einigen, die Glottisränder gegen einander schiebenden, wenn auch nicht andrückenden, von der Ventrikelrinne aus wirkenden Druck zu Stande gebracht wird. In solchen Fällen lassen sich die Grenzen zwischen dem ersten und zweiten Register schwerlich angeben. An dem Kehlkopfe eines alten, am Lungenemphysem gestorbenen Mannes, der Anfangs nur auf die oben angegebene Weise einen Ton gab, später ohne Beihülfe der Pincette auf dem Mittelpunkt den tiefen Durchschlagton F gab, der sich durch Rückwärtsbewegung des Schildknorpels bis auf C vertiefen liess, konnte ich von diesem Tone aus eine fortlaufende Skala bis e^1, also $2^1/_3$ Oktaven, vollständig auf- und abgehen, wenn ich nur zur rechten Zeit, etwa von c an, die Pincette einlegte, worauf keine sonderliche Längenspannung der Stimmbänder mehr nöthig war. Es macht hier jedoch einen grossen Unterschied, auf welcher Stufe des ersten Registers man die Pincette einwirken lässt. Geschieht dies bereits auf einer tiefen, so springt der Ton auch bei leiser Einwirkung um mehrere Stufen; geschieht es auf

einer hohen, so geht das erste Register bei geschickter Handhabung der Pincette (oder der Kompressorien überhaupt) ohne Sprung in das Druckregister über. Die Verwandtschaft beider Register begründet sich im Allgemeinen darauf, dass an einem und demselben Kehlkopf immer die tiefsten Töne des 2. Registers unter die höheren des 1. gehen, und dass die Tonbildung des 1. Registers durch gleichzeitig auf die Bänder applicirten Seitendruck nicht beeinträchtigt wird. Aber es lässt sich auch bei einer gewissen Glottisstellung des Kehlkopfs eine Opposition beider Register zu einander beobachten. Wenn ich an einem weiblichen Kehlkopfe, der bereits einige Zeit in Spiritus gelegen hatte, die Pincette nur mässig in grosser Distanz von der Glottis anwandte, so dass die Glottis noch einen sichtbaren Spalt darstellte, so erschien oft bei schwachem Anspruch der Ton g oder a, wobei die 2. Zone der Stimmbänder, aber nur die mittlere Längenpartie derselben aufschlagende Schwingungen machte, so dass die vordere und hintere Partie der Glottis noch ritzenförmig offen blieb *); bei stärkerem Anspruch dagegen ertönte d' mit vollen Schwingungen der ganzen Stimmbandkörper, welche dem 2. Register angehörten. Auch der oben S. 529 erwähnte Fall, wo das Intervall noch beträchtlicher war, gehört hierher. — Verwandt ist das Druckregister ferner dem 3. Register, dem gewöhnlich sogenannten Strohbassregister. Den Grund dieser Verwandtschaft haben wir bereits angedeutet, das Nähere siehe im folgenden Abschnitt. — Desgleichen steht es mit dem 4. Register in einem gewissen Grade der Verwandtschaft, sofern der Druck zunächst auf die innere Breitenzone der Stimmbänder einwirkt; zum 5. Register dagegen steht es in absolutem Gegensatz.

c) Das Aufschlagregister (Strohbassregister) bei Trägheit der elastischen Gebilde.

Im vorigen Abschnitt erwähnte ich, dass, wenn man die (der Länge nach abgespannten) Bandkörper mittels zweier Seitenkräfte einfach gegen einander bewegt, so dass die Glottiswände dadurch beträchtlich verbreitert werden, der Ton caeteris paribus in einem dieser Verbreiterung entsprechendem Grade (in einem Falle um 6 Stufen) vertieft werde, und dass hierauf zum grossen Theile das gegenwärtige 3. Register beruhe, welches auch dann noch vorhanden bleibe, wenn gleichzeitig die Glottiswände in einem gewissen, jener Verbreiterung aber noch nicht äquivalentem Grade zusammengedrückt würden. Im Sinne der von mir gegebenen Definition des 2. Registers müssen wir allerdings jene tiefen, tiefer, als das 1. Register herabgehenden, durch seitlich auf die Glottiskörper wirkende Kräfte erzeugten Tonphänomene zum 3. Register rechnen, obwohl dieselben noch nicht die vollen, charakteristischen Zeichen dieses Registers darbieten. Es sind die höchsten Töne desselben, welche am lebenden Organe immer noch zu den sogenannten Brusttönen zu rechnen sind, und (beim lebenden Stimmorgan) die tiefsten, noch mit Resonanz erklingenden und künstlerisch noch sehr wohl verwerthbaren Basstöne darstellen. Die mittlern und tiefern Töne des 3. Registers, also die tiefsten, welche der ausgeschnittene Kehlkopf überhaupt zu erzeugen vermag, entstehen, wenn bei vollständiger Abspan-

*) Diese Erscheinung ist wohl nur eine zufällige, weil der Druck der beiden Pincettenarme nicht auf die ganze Länge der Bänder einwirken konnte. Hätte ich die Pincette mit den oben erwähnten Holzfüssen versehen, so wäre der Schluss der Glottis bei den Schwingungen jedenfalls ein vollständiger gewesen.

nung der Stimmbandkörper die Stimmfortsätze der Giessbeckenknorpel stark gegen einander gedrückt, die Wände der Bänder in ganzer Ausdehnung gegen einander gelegt worden sind, und nun ein Luftstrom durchgeführt wird, welcher nicht gespannt genug ist, um die Bänder in transversale Schwingungen zu versetzen. In andern Fällen erzielte ich das Register dadurch, dass ich die Arme einer breitfassenden Pincette oder 2 Skalpellhefte möglichst weit von den Glottisrändern entfernt aufsetzte, niederdrückte, und die (vorher möglichst abgespannten) Bandkörper zusammendrückte und dadurch dämpfte. In diesem Falle musste der Luftanspruch etwas stärker gegeben werden. Das wesentliche Element dieses Registers scheint demnach zu sein, dass die Stimmbänder in eine Lage versetzt werden, wo sie ihren Elasticitätsmodulus nicht mehr geltend machen können, wo sie sich wie unelastische Körper verhalten. Sie erhalten dann Aehnlichkeit mit den Streifen aus Wachsleinwand, mit welchen ich früher (S. 492) operirte, oder mit den Lippen des Mundes oder Anus, wenn dieselben bei nur sehr geringem Vorrath an Exspirationsluft oder Darmgas sich eng an einander gelegt haben, und durch den Druck der auszutreibenden Luft nicht mehr so weit ausgedehnt und renitent gemacht werden können, um in stehende tonfähige Schwingungen versetzt zu werden. Nicht nur die obere und mittlere, sondern auch die untere Zone des Stimmbands scheint hier mit der des andern in Berührung zu treten; von einer Austreibung der Stimmbänder mittels der andrängenden Luftsäule ist hier nichts mehr wahrzunehmen, das fluidare Element der Schwingungen ist zurückgedrängt, die elastischen Bandränder sind verstrichen und zurückgezogen, die Stimmbänder verhalten sich, wie zwei todte, ihrer physikalen Kräfte beraubte Massen, wie zwei gegen einander gepresste Ventile, welche durch die Luft passiv auseinander getrieben werden, und nach Austritt einer gewissen Menge von Luft wieder zuklappen. So lange die Anzahl dieser Klappe noch so gross in einer Sekunde ist, dass durch ihre Summirung ein tonartiges Phänomen zu Stande kommt, gehören diese Vorgänge noch ins Gebiet der Anthropophonik; sinkt diese Zahl tiefer, so kann begreiflich von keinem Tone mehr die Rede sein.

Von jener Stufe aus, wo das 1. Register aufhört und das dritte beginnt, wo also mittels einiges Seitendruckes noch Töne erzeugbar sind, welche durch volle Transversalschwingungen bewirkt werden, bis zu der tiefsten Stufe des dritten Registers, wo der Ton in ein klapperartiges Geräusch übergeht, zeigt das Verhalten der Stimmbänder verschiedene Stufen ihres Mechanismus. Die relativ höchsten Töne dieses Registers geschehen noch mit fast vollständigen Längenschwingungen der Bänder, und zwar der obern und mittlern Zone derselben: die Glottis steht dabei noch in ganzer Länge offen. Je mehr aber der Ton fällt, in desto geringerer Länge weichen die Stimmbänder während des Schwingens auseinander, und es findet dabei kein vibratorisches Gegenschlagen der Bänder, überhaupt keine Zungenschwingungen mehr statt, sondern ein Aufschlagen, durch welchen Ausdruck wir jedoch nicht etwas von jenem Gegenschlagen specifisch Verschiedenes bezeichnen, sondern nur andeuten wollen, dass dabei Theile sich abwechselnd öffnen und schliessen, welche nicht mehr in selbstständige Wellenbewegung versetzt worden sind. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass mit zunehmender Tonvertiefung die Stimmbänder immer dieselbe Länge behalten, die sie beim höchsten Tone dieses Registers hatten, und dass unter diesen Verhältnissen dieselben Stimmbänder sofort wieder einen vollen, durch legitime Schwin-

gungen erzeugten Ton bilden können, sobald die Masse und Tension des ansprechenden Luftstroms zu der Spannung der Bänder in das entsprechende Verhältniss zurückkehrt. Aber das ist ja eben das Charakteristische des dritten Registers, dass dabei die Stimmbänder von einem Luftstrome intonirt werden, dessen Quantität und Tension nicht hinreicht, dieselben unter obwaltenden Verhältnissen in legitime Wellenbewegung zu versetzen. Je mehr die in ihrer Länge sowohl als Breite relaxirten, auf der untern Grenze ihrer Elasticität angelangten Stimmbänder gegen einander gedrückt werden, und je mehr dabei der Luftstrom, welcher durch die Glottis, die er sich aber erst bilden muss, streift, an Ex- und Intensität abnimmt, desto tiefer sinkt die Frequenz der Aperturen und Klausuren der Glottis, und desto mehr verliert der Ton, nicht nur an Betrag der Schwingungszahl, sondern auch an seinen sonstigen Eigenschaften, die ihn zum Ton machten. Vom relativ höchsten bis zum tiefsten Tone dieses Registers wird von der Luftsäule ein immer geringerer Theil des Stimmbands, sowohl der Länge als der Dicke nach, in Bewegung versetzt, so dass also hier das Moment, was bei normal elastischen Bändern die Schwingungszahl vermehrt, nämlich die Verkürzung der schwingenden Glottis, vielmehr tonvertiefend wirkt, jedoch nicht durch sich selbst, sondern weil dabei die sukcessive Oeffnung und Schliessung der Glottis in entsprechendem Grade verzögert wird. — Die Oeffnung der Glottis geschieht nicht immer in der Mitte, sondern da, wo die Luft am ehesten einen Durchgang findet, zuweilen am vordern Ende der Glottis.

Wir können vom 3. Register, auf Grund der von mir gegebenen Definition des 2. Registers, drei Abtheilungen unterscheiden, die sich wenigstens an einigen von mir untersuchten Kehlköpfen nachweisen liessen, nämlich a) die höhern Töne, welche noch mit fast vollständigen Transversalschwingungen zu Stande kommen, und die mittels Seitendrucks und Stimmbandverbreiterung bewirkte Vertiefung des 1. Registers darstellen; b) die mittlern Töne, welche schon mehr oder weniger leer und klangarm sind und bei welchen mit Abnahme der Schwingungszahl auch die Summe der durch den Luftstrom bewegten Moleküle der Bänder abgenommen hat: der Elasticitätsmodulus derselben, schon zu Anfang dieser Abtheilung auf ein gewisses Minimum beschränkt, bei welchem der Bandkörper nicht mehr nach Art einer Zunge dem Luftstrom entgegenwirken konnte, geht vollends verloren und macht dem bloss passiven Auf- und Zuklappen Platz; die einzelnen Klappen summiren sich noch zu einem deutlich unterscheidbaren und der Zahl nach zu schätzenden Ton, der durch die Konsonanz des dafür noch einigermaassen leitungsfähigen Ansatzrohrs etwas Fülle bekommt; c) die tiefsten, aller Resonanz ermangelnden, völlig leeren und nur aus groben, wenn auch gleichartigen und in gleichen Zeitabschnitten sukcedirenden Klappen bestehenden Töne, die sich kaum mehr als solche erkennen lassen, weil kein entsprechendes Kon- oder Resonanzorgan für dieselben vorhanden ist.

Der Umfang des 3. Registers kann am ausgeschnittenen Kehlkopf, wenn wir alle 3 erwähnte Abtheilungen zusammenfassen, über 1 Oktave betragen und bei Männern bis in die Contra-Oktave herabreichen.

Das Timbre oder die Klangfarbe dieses Registers unterscheidet sich von dem der andern Register zunächst dadurch, dass der Klang eben mehr oder weniger fehlt. Die obern Töne klingen schnarrend, oft noch laut genug, und zeigen noch ziemliche Fülle und Resonanz, die mittlern kratzend, strohern, leer, desto mehr, je tiefer sie fallen, die tiefsten klingen gar nicht

mehr; es sind blosse Klappe ohne die geringste Andeutung einer Schallleitung in elastischen, festen Gebilden.

Ferner unterscheiden sich diese Töne von andern dadurch, dass sie sich nicht schwellen lassen. Jeder Versuch, mehr Ton (mehr Luft) zu geben, bewirkt eine Tonerhöhung, die sich hier aus Mangel an Kompensationsmitteln nicht verwenden lässt. Ueberhaupt lässt sich ja das ganze Register nur dadurch so weit vertiefen, dass der Luftanspruch allmälig abgeschwächt wird. Die tiefsten Töne sind daher noch mehr piano, als die höhern.

Was die Verwandtschaften dieses Registers zu den übrigen anlangt, so haben wir bereits mehrmals erwähnt, dass dasselbe sich unmittelbar an das 1. Register anschliesst, und auch den Mechanismus des 2. nicht entbehren kann. Mit den beiden übrigen Registern hat es so gut wie Nichts gemein: es steht in absoluter Opposition zum 4., weniger zum 5., wenigstens ist gerade keine grosse oder schwierig zu bewirkende Aenderung des Mechanismus erforderlich, um aus dem 3. Register ins 5. überzugehen. Davon genauer weiter unten.

Uebrigens kommt das Register, trotzdem, dass es von mir Strohbassregister genannt worden ist, auch an weiblichen Kehlköpfen vor. Ob auch während des Lebens, werden wir später untersuchen.

d) Das Oberzonenregister mit Glottisschluss (konnivirendes Oberzonen-Register, erstes Fistelregister).

Dieses bisher noch gar nicht erforschte, bald mit dem 2., bald mit dem 5. zusammengeworfene Register, steht in der Mitte zwischen den beiden oben bezeichneten Registern und zeigt in seinem Verhalten manches Eigenthümliche und Interessante. Obgleich meine Akten über dasselbe noch nicht geschlossen sind, so vermag ich doch einstweilen Folgendes darüber vorzutragen, wenn auch Manches davon noch der Bestätigung bedarf.

Schon der von mir adoptirte Name „Fistelregister" giebt zu verstehen, dass dieses Register eine Reihe von verhältnissmässig hohen, beziehendlich höher, als die Töne des 1. und 2. Registers liegenden Tönen darbietet; der Name Oberzonenregister deutet den Mechanismuss der Schwingungen im Allgemeinen an, der Beisatz den Unterschied derselben von dem des 5. Registers.

Die physiologischen Elemente des 4. Registers sind folgende.

1) Es ist ein gewisser Grad von Spannung der Stimmbänder erforderlich, mag dieselbe in die Länge gehen, oder (durch Auseinanderhaltung der Taschenbänder oder durch vorsichtiges Gegeneinanderschieben der Randzonen der Stimmbänder) in die Breite. Die Stimmfortsätze müssen dabei genau an einander gerückt sein.

2) Nur die obere Zone der Stimmbänder schwingt, und diese auch nur mit ihrer innern Abtheilung, also die elastische Zuschärfung der Bänder ohne den muskulären Bandkörper. Hierdurch unterscheidet sich dies Register wesentlich vom 1. und 2., wo die gegenschlagenden Schwingungen der mittlern Zone das Hauptmoment darstellen.

3) Die Schwingungen des 4. Registers erscheinen bei einiger Längenspannung der Stimmbänder oft schon ohne alle seitlich auf die Bänder wirkende Druckkraft. Anfangs werden hier die Bänder eine Zeit lang, ohne

in Schwingungen zu gerathen, aufwärts, und die mittlere und untere Zone auswärts getrieben; die Randzone dagegen bewegt sich nach innen, der des andern Bandes entgegen, wird zugeschärft, verdünnt und geräth in Schwingungen, welche auf und nieder und gleichzeitig aus- und einwärts gehen. Die Glottis erscheint dabei entweder vollständig, oder zum Theil (vorn und hinten, oder vorn allein) geschlossen, so dass in letzterem Falle noch eine spaltförmige Oeffnung sichtbar ist. Oft erscheinen bei fortgesetztem Blasen, das hier nicht nothwendig verstärkt zu werden braucht, tiefe Interferenztöne, die 1 Oktave bis Duodecime unter dem Tone des 4. Registers liegen, und wahrscheinlich durch gleichzeitige Anschläge der mittlern Randpartie erzeugt werden. An einigen Kehlköpfen, wo ich nur durch Längenspannung der Bänder die Töne modificirte, trat das 4. Register nur bei plötzlicher Verstärkung des Luftanspruchs auf, wenn eine gewisse, z. B. in einem weiblichen Kehlkopf dem a^1 des 1. Registers entsprechende Spannung erreicht war: der Sprung betrug hier eine Duodecime.

4) Auch durch Auseinanderhalten (Seitwärtsdrücken) der Taschenbänder mittels 2 Skalpellhefte gelingen Töne des 4. Registers, die aber hier ebenfalls leicht mit Interferenzen begleitet werden. Weit entfernt, dass durch diesen Mechanismus die Glottisränder gleichfalls auseinander gezogen würden, werden sie vielmehr dadurch einander genähert und auch sonst zum Anspruch des 4. Registers geschickt gemacht.

5) Schon bei den Versuchen sub 3) machte ich die Beobachtung, dass die dabei stattfindenden Schwingungen durch einen festen nur 1''' vom Glottisrand aufgesetzten Körper nicht gestört wurden. Auf Grund dieser Erfahrung erzeugte ich nun auch Töne des 4. Registers dadurch, dass ich die beiden Randzonen der Stimmbänder vorsichtig, d. h. ohne nach unten zu drücken oder eine völlige Berührung beider Glottisränder zu bewirken, gegen einander mittels einer Pincette bewegte. Die Töne sprechen hier sofort an. Es scheint hier etwas darauf anzukommen, ob man die Pincette am vordern oder hintern Ende oder in der Mitte der Glottisränder anlegt. Im erstern Falle ist die Wirkung am auffallendsten: mehrmals vermochte ich den anfänglichen Ton des 1. Registers durch Kompression der vordern Portion der Randzonen sofort in einen Ton des 4. Registers umzusprengen, der 1 Oktave höher lag. An eine Aliquottheilung der Länge nach war hier natürlich nicht zu denken, eher an eine der Breite nach. Am schwächsten scheint am hintern Ende der Glottis die Wirkung der Pincette zu sein, sobald sie nicht den Rändern dieser Glottispartie sehr nahe angelegt wird.

Es scheint nicht, als ob an den Stimmbändern des todten menschlichen Kehlkopfs eine solche Aliquottheilung der Breite nach, wie wir sie an den Kautschukbändern in ihrer progressiv erhöhenden Wirkung kennen gelernt haben, möglich sei. Vielmehr scheidet sich hier die phonische oder registrirende Wirkung sofort mit der Einschränkung der Schwingungen des ganzen Bandkörpers auf den elastischen Zungenrand, während eine partielle Breitenabtheilung des Muskelkörpers unwahrscheinlich ist*). Anders im lebenden Kehlkopf, s. in der folgenden Abtheilung.

*) Harless (S. 679) erhielt, wenn er das schwingende Stimmband leise mit einer Nadel berührte, Aliquottöne, die am höchsten ausfielen, wenn er auf die Mitte einer mit dem Stimmband in der Nähe des Randes parallel laufenden Linie einwirkte. Freilich gelang dies oft nicht, wenn die Taschenbänder weggenommen wa-

6) Bei der erstgenannten Entstehungsweise, wenn die Bänder ohne sonderlichen Seitendruck bisher durch Längenspannung höher werdende Töne des 1. Registers gegeben hatten, kommt das Register dadurch zu Stande, dass die bisher mit oder vorzugsweise schwingende und die Schwingungszahl bestimmende mittlere Zone verstreicht, zu schwingen aufhört und dafür die obere Zone allein zu schwingen fortfährt. Diese Aenderung des Mechanismus, auf welcher eben der Registerwechsel beruht, kann auf einer tiefern oder höhern Längenspannung der Bänder eintreten. Geschieht es auf einer tiefern, so ist der Sprung des Tones (die Erhöhung der Tonstufe, Steigerung der Schwingungszahl) ein grosser; geschieht es auf einer höhern, so beträgt dieser Sprung verhältnissmässig weniger, und kann unter Umständen völlig unmerkbar sein. Nach meinen Beobachtungen beträgt das Maximum des Sprunges eine Duodecime, nur einmal habe ich einen Sprung beobachtet, der gerade 2 Oktaven betrug. Verschiedene Kehlköpfe zeigen hier grosse Verschiedenheiten, obwohl man am todten Kehlkopf begreiflicher Weise Manches ermöglichen kann, was während des Lebens gewiss nicht stattgefunden hatte. Bei manchen Kehlköpfen schloss sich, wenn ich die Tonerhöhung zunächst durch den Längenzug im Sinne des M. cricothyreoideus bewirkte, das 4. Register unmittelbar, d. h. ohne Sprung, dem 1. an, und man konnte hier kaum von einem Registerunterschied etwas wahrnehmen; bei andern stellte sich das 4. Register 8, 7, 6, 5 oder nur 4 Töne über den entsprechenden Parallelton (Definition s. später) des 1. Registers, je nachdem (was wohl meist in der Willkür der operirenden Finger u. s. w. gestellt war) der letztere ein verhältnissmässig tieferer oder höherer war. Demnach schwingen die Stimmbänder auf ihren verschiedenen Tonstufen entweder so, dass von einer Theilung in eine obere und mittlere Zone nichts wahrzunehmen ist, sondern dass die Breite der Glottiswandung, die anfangs aus der obern und der ganzen mittlern Zone konstruirt ist, mit Erhöhung des Tones allmälig sich mindert, und zwar von unten nach oben, dass also die mittlere Zone allmälig schmäler wird und endlich ganz verstreicht, bis nur die obere (oder innere) Zone noch zu den Schwingungen verwendet wird: in diesem Falle ist der Uebergang vom einen ins andere Register nicht durch einen erheblichen Sprung bezeichnet; oder nachdem beide Zonen in ganzer Breite bis zu einer gewissen Höhe des 1. oder 2. Registers geschwungen haben, hören die der 2. Zone plötzlich auf, und nur die obere Zone schwingt fort. Es kommt nun auf die Lage der zwischen oberer und mittlerer Zone sich bildenden Grenzfurche oder auf die respektive Dicke und Breite der obern Zone an, ob die Schwingungen jetzt genau um das Doppelte (was der Norm zu entsprechen scheint) oder um ein anderes Aliquotum vermehrt werden sollen. Bei Kehlköpfen, die bereits etwas ausgetrocknet sind, oder wo die Stimmbandkante sehr fein zugeschärft ist, wird hier die Schwingungszahl gewöhnlich um das anderthalbfache vermehrt; an frischern Kehlköpfen, oder wo die obere Zone dicker und breiter als die mittlere ist, beträgt sie gewöhnlich noch nicht das Doppelte der des vorigen Tones.

7) Die Schwingungen der Randzone, wie sie dem 4. Register eigenthümlich sind, unterscheiden sich nicht von den gewöhnlichen gegenschlagenden

ren, weil dadurch die natürliche Spannung des elastischen Gewebes verloren gegangen war. Hatte er aber diese Bänder geschont, und ging er mit einem krummen Draht um das obere Band in den Ventrikelgrund, so änderte (erhöhte) sich schon bei ziemlicher Entfernung vom Stimmbandrande der Ton.

Schwingungen. Die Glottis erscheint dabei mehr oder weniger geschlossen, immer ist es erforderlich, dass wenigstens die vordere Abtheilung der Glottis durch die Schwingungen scheinbar ausgefüllt wird. Die Bänder heben sich bei diesen Schwingungen merklich. Je höher der Ton, desto schmäler die Schwingungssphäre: auf die Weite der Glottis scheint die Tonstufe keinen sonderlichen Einfluss zu haben.

8) Die Abstufung dieses Registers geschieht nach den allgemeinen Gesetzen; die Erhöhung also durch Längenzug, oder durch seitliche Kompression der Bandränder gegeneinander, oder durch Verschmälerung der Randzone; die Vertiefung durch die entgegengesetzten Mechanismen. Der Umfang ist gewöhnlich verhältnissmässig gering, etwa 4 — 5 Stufen, nur in einigen Fällen schien er mehr, bis über eine Oktave zu betragen. Vielleicht steht er zum Betrage des Abstands vom Grundregister in umgekehrtem Verhältniss: doch sind hierüber noch weitere Versuche anzustellen.

9) Was den Grad des für dies Register zu gebenden Luftdrucks anlangt, so kann derselbe im Allgemeinen ein mittlerer und selbst starker sein; er kann sich bis zu einer gewissen Intensität erheben, sobald die äussern Grenzen der Randzone hinlänglich fixirt sind, so dass kein Ueberschlagen in ein anderes (tieferes) Register zu befürchten ist. Das Auffallendste ist aber, dass in Fällen, wo verschiedengradiger Luftanspruch verschiedene Register erzeugt, stärkerer Anspruch das 4., schwächerer das 1. Register erzeugt: eine Eigenschaft, wodurch sich das 4. vom 5. Register scharf unterscheidet. Eine bedeutende Erhöhung des Tones durch Verstärkung des Luftdrucks ist aber nur da zu erwarten, wo der Seitendruck, namentlich an der vordern Partie der Glottiszone ausgeübt, in entsprechendem Grade fortdauert oder sogar zunimmt.

10) Das Timbre dieses Registers ist gut, die Töne haben viel Schärfe und Intensität, wenn auch wenig Fülle. Sie lassen sich schwellen, werden durch Mittönen der anstossenden elastischen Gebilde und durch das Ansatzrohr verstärkt, und tragen eben so weit, als die Töne der tieferen Register, vorausgesetzt, dass die Bandränder dem Druck des Luftstroms einen entsprechenden Gegendruck entgegensetzen, was in gewissem Grade immer der Fall ist.

11) Die Verwandtschaften dieses Registers sind im Allgemeinen grösser als die der andern. Von der Verwandtschaft mit dem 1. und 2. Register haben wir schon gesprochen. Die erstere ist nur eine entferntere oder zweites Grades, die andere eine nahe, erstes Grades, indessen auch keine unbedingte, denn an einem Kehlkopfe konnte ich deutlich das 2. Register vom 4. separiren, in welchem Falle bei sonst gleichen Verhältnissen der Oberzonenton 7 Stufen höher lag, als der Ton des 2. Registers. Die wichtigste Verwandtschaft ist die mit dem folgenden oder 5. Register, zu welchem auch wir jetzt übergehen wollen.

e) Das Oberzonenregister mit offener Glottis (offenes Oberzonenregister, zweites Fistelregister).

Dieses Register scheint so ziemlich dasselbe zu sein, was bisher schon von Lehfeldt, Müller, Pétrequin et Diday, Harless u. a. unter dem Namen Fistel- oder Falsetregister beschrieben worden ist, obwohl manche der diesem Register beigerechneten Tonphänomene dem vorigen unserer Register angehört haben mögen. Was Liskovius Fistelregister nennt, gehört

theils zum 1., theils zum 4. unserer Register, während er das eigentliche Fistelregister, unser 5., gar nicht am ausgeschnittenen Kehlkopf hervorzubringen verstanden zu haben scheint. Ueber die wesentlichen Bedingungen dieses Registers geben aber auch die oben genannten und übrigen Beobachter nur unklare Andeutungen und unerwiesene Hypothesen.

Das 2. Fistelregister habe ich nicht an allen, nicht einmal an so vielen Kehlköpfen beobachtet, als das erstere. Namentlich fehlte es oft an männlichen Kehlköpfen.

Sein Mechanismus und Unterschied von den andern, besonders vom 4. Register ist schon einigermaassen durch obige Bezeichnungen angedeutet. Die besondern Elemente und Eigenschaften desselben sind folgende.

1) Das vornehmste Element des 2. Fistelregisters, was es von den andern scharf unterscheidet, besteht darin, dass die Bänder der sonst wie bei dem ersten Register beschaffenen, nach Umständen auch seitlich komprimirten Glottis von dem mit zu geringer Tension durchstreichenden Luftstrom nicht mehr gegen einander geschoben werden, sondern auseinander gehalten bleiben, wobei die Randzone etwas gehoben, und in feine, wie es scheint, auf- und niedergehende Schwingungen versetzt wird, und wobei die Glottis offen erscheint.

2) Einige Längenspannung der Stimmbänder über den Null- oder Indifferenzpunkt ist immer zur Erzeugung dieses Registers erforderlich. Demnach beginnt es mit seinen tiefsten Tönen etwa auf der Mitte des Bereichs des 1. oder 2. Registers, und zwar

3) wenn der Anspruch mit geringerem Druck, als zur Erzeugung der vollen Zungenschwingungen nöthig war, gegeben wird. Ist jedoch einmal ein Ton dieses Registers im Gange, so ist es leicht, ihn darin auch dann zu erhalten, wenn der Anspruch bis auf einen gewissen Grad verstärkt wird, und ihn durch die bekannten Mittel zu modificiren. — Bei manchen Kehlköpfen erschien dieses Register erst, nachdem die Taschenbänder weggenommen worden waren, oder wenn die Epiglottis niedergedrückt wurde, oder wenn die obern Bänderzonen mittels einer Pincette etwas auseinander gehalten wurden. Sehr fester Schluss der Stimmfortsätze scheint nicht nöthig zu sein: in einem Falle erschien dies Register sofort, als ich die hintern Fortsätze der Giesskannenknorpel nur mässig vor- und auswärts geschoben hatte.

4) In der Regel öffnet sich beim Einsetzen eines 2. Fisteltones die Glottis bis auf die vorderste Spitze und erscheint dadurch etwas länger und überhaupt grösser, als sie vorher war. Die Bänder heben sich im Ganzen weniger, als bei dem 1. und 4. Register. Wenn das 5. Register auf der Lage eines höhern Tones des 2. Registers auftritt, da öffnet sich gewöhnlich nur ein Theil (der hintere) der Glottis, und lässt sich dann ein so erzeugter Fistelton durch fortgesetzten Seitendruck weiter erhöhen.

5) Der Mechanismus, durch welche die Töne dieses Registers erzeugt werden, unterscheidet sich von den bisherigen dadurch, dass hier offenbar nicht nur durch oscillatorische Bewegungen der Bandränder, welche auf- und niedergehende, also durchschlagende Schwingungen machen (die jedoch im Verhältniss zum Tone sehr klein sind), zu Stande kommen, sondern dass auch die Luftsäule selbst in der Glottis in stehende Schwingungen, wie wir sie früher bei den Pfeif- und gefassten Lochtönen kennen gelernt haben, versetzt wird. Nach dieser Ansicht stellt bei dem 5. Register die Glottis einen Obturatorkanal dar, dessen Durchschnitt in der Mitte etwa

so aussieht wie Fig. 148. Dieser Kanal hat zwar wenig Aehnlichkeit mit den Kanälen der von uns früher (S. 326 ff) angewandten Obturatoren — der Theorie nach würden besonders die Obturatoren S. 328 und 340 Fig. *C* und *E* zu berücksichtigen sein —, indessen können wir wohl annehmen, dass auch die menschliche Glottis als ein solcher Obturatorkanal Tonwellen erregend auf die durchströmende Luftsäule einwirken werde, wenn die Glottisränder gleichzeitig durch die Reibung des Luftstroms in Zungenschwingungen versetzt werden, welche dann recht gut den ersten Impuls zu den stehenden Schwingungen der zwischen und unter ihnen befindlichen Luftsäule abgeben können. Die Untersuchungen über diesen Gegenstand betrachte ich zwar nur erst als eingeleitet, indessen dürften doch schon meine bisherigen experimentellen Erfahrungen die obige Ansicht unterstützen, namentlich folgende.



Fig 148.

a. Die bei diesem Register zu beobachtenden Randschwingungen stehen mit der Grösse des resultirenden Tones nicht im Verhältniss, sie sind zu klein für dieselbe: ja sie werden sogar um so kleiner, je mehr der Ton an Fülle und Intensität zunimmt. Die Exkursionen der Bandränder sind bei schwachen Fisteltönen grösser, als bei starken, und man kann das allmälige Schwinden der Exkursionen bei Anwachsen des Luftanspruchs ganz wohl beobachten. Dies wäre nicht möglich, wenn der Ton allein von den Zungenschwingungen bedingt würde.

b) Die Glottis wird bei wachsender Tonhöhe dieses Registers, wofern absichtlicher Seitendruck auf die Stimmbänder und Verlängerung derselben (?) ausgeschlossen bleibt, nicht enger, sondern weiter: ein Umstand, welcher gleichfalls für die Lufttonnatur dieser Töne spricht: vergleiche die frühern Untersuchungen S. 306 auch 326.

c) Es findet kein Hauchen, Rauschen oder sonstige Merkmale von Durchstreichen sogenannter wilder oder nicht zu stehenden Schwingungen verarbeiteter Luft statt, was doch offenbar stattfinden müsste, wenn der Ton allein von Zungenschwingungen gebildet würde. Wohl aber wird eine Flaumfeder von der durchstreichenden Luft bewegt.

d) Es kam bei einer gewissen Einstellung der Glottiswände mit einiger seitlicher Kompression zuweilen vor, dass je nachdem der Luftanspruch gespannter oder ungespannter gegeben wurde, eine Reihe verschiedenstufiger Töne des 2. Registers auftraten, die hin und wieder (bei momentanem Nachlass der Luftgebung) von Fisteltönen unterbrochen wurden, welche immer eine und dieselbe Tonstufe zeigten, mochte die Stufe der andern Töne noch so verschieden sein. Auch diese Erscheinung spricht für eine grosse Unabhängigkeit der wesentlichen Tonbedingungen von der Beschaffenheit des Zungenapparats.

e) Zuweilen kam es bei meinen Versuchen vor, dass die diesem Register angehörigen Töne, wenn ich sie nur durch vermehrte Lufttension, nicht durch gleichzeitige Längenspannnung der Bänder, zu erhöhen beabsichtigte, nicht in sukcessiver Progression, sondern in sogenannten Trompetenintervallen sich erhöhten. Hier schien eine Knotenbildung in der die Glottis durchstreichenden, in stehende Schwingungen versetzten Luftsäule stattgefunden zu haben.

f) Die *Klangfarbe* unseres 5. Registers ist ferner ein wichtiger, auf das unwiderlegliche und unverkennbare Zeugniss des Ohres begründeter Beweis für den Lufttoncharakter dieses Registers. Nur für den Ignoranten hat dieser Beweis keinen Werth, aber wer nur einige Erfahrungen über die verschiedenen, durch Zungen- und Luftsäulenschwingungen erzeugten Töne mit seinem Ohre gemacht hat, für den hat dieser Beweis mehr Geltung, als alle andere. Freilich kann das Ohr in Fällen, wo die Tonerzeugung eine gemischte ist, sich täuschen, aber wir reden hier auch nicht von solchen Fällen, welche Zweifel übrig lassen können, sondern von den schlagenden, d. h. wo die Schwingungen mit ihren ungetrübten Eigenschaften an das Ohr schlagen, wenigstens an jedes Ohr, das sich nicht gegen diese Schläge mit *vorgefassten* Meinungen wehren (oder verstopfen) will.

So viele und noch mehr Gründe sprechen für unsere Ansicht, dass das „Fistelregister" des todten menschlichen Kehlkopfs durch Schwingungen zu Stande kommt, welche wenigstens zum grossen Theile Luftschwingungen sind. Randschwingungen sind allerdings wohl bei jedem Fisteltone wahrzunehmen, bei den tiefern Tönen dieses Registers wegen der grössern Nachgiebigkeit der Bänder deutlicher als bei den hohen. Sie unterscheiden sich jedoch von den des vorigen Registers wesentlich dadurch, dass sich bei ihnen der Rand nicht gegen die Mittellinie der Glottis hin verlängert, dass also von einer Schwingungssphäre, wenn man von oben in die Glottis sieht, nichts wahrzunehmen ist, sondern dass er scheinbar ganz passiv durchschlagende Schwingungen macht, die aber so wenig Breite haben, dass sie kaum zu erkennen sind, und auch das übrige vom Luftstrome nicht direkt getroffene elastische und muskuläre Gewebe der Stimmbänder nicht in Mitschwingungen zu versetzen im Stande sind. Nach meiner Ansicht sind es nur von der schwingenden Luftsäule des Glottisraumes *mitgetheilte* Schwingungen, schon aus dem Grunde, weil sie schneller sind, eine höhere Schwingungszahl zeigen, als die caeteris par. stattfindenden wahren Zungenschwingungen. Freilich ist immer ein erheblicher Unterschied zwischen der menschlichen Glottis, und einem rohen, hölzernen in einen Cylinder geschobenen Obturator, durch welchen Luft getrieben wird. Namentlich haben die Wände der Glottis einen grossen Einfluss auf die Modifikation dieser Töne. Bei den so iden Obturatorpfeifen wird die Schwingungszahl von der Grösse der Oeffnung und von der Länge des Cylinders bestimmt: bei gleichbleibender Apertur des Obturators fällt der Ton am höchsten aus, wenn der Obturator in der Mitte des Cylinders steht, und wird allmälig tiefer, wenn er gegen die eine oder andere Oeffnung des Cylinders gerückt wird. Was den menschlichen Kehlkopf anlangt, so sehen wir vorläufig vom Einflusse der als Cylinder fungirenden Organe ab, indem wird eren Einfluss erst im nächsten Abschnitte untersuchen wollen, und beschränken uns auf die Apertur und Wandungen der Glottis. Wären letztere solid, so würde, wenn trotzdem eine Aenderung im Lumen der Glottis möglich wäre, eine Verengung derselben Vertiefung, eine Erweiterung dagegen Erhöhung des Tones erzeugen, eine Erscheinung, die den Verhältnissen der in dem als blosser Zungenapparat fungirenden Kehlkopf auftretenden Tonphänomene geradezu entgegengesetzt ist. Aber die Glottiswandungen sind immer mehr oder weniger nachgiebig, Vermehrung dieser Nachgiebigkeit muss daher, wie wir wissen, den Ton vertiefen, Verminderung derselben den Ton erhöhen. Ob diese Verminderung der Nachgiebigkeit, dieses Härter- oder Gespanntermachen der

Glottiswände durch blosse Verstärkung des Luftanspruchs, oder durch einen von der Seite kommenden Druck, oder durch Längenspannung der Bänder erzeugt wird, das ist für das Resultat einerlei. Geschieht es auf die erste Weise, so wird die Tonerhöhung um so ausgiebiger, rascher (nach Umständen sogar springend) ausfallen, je mehr dabei das Lumen der Glottis erweitert wird, da schon diese Erweiterung an sich tonerhöhend wirkt; geschieht es durch einen von der Seite auf die Stimmbänder wirkenden Druck (der jedoch nicht so weit gehen darf, dass die Glottiswände sich berühren, sonst schlägt der Ton in ein anderes Register um), so kann die Glottis bei gleichbleibendem Lumen, nämlich wenn der Druck der ansprechenden Luft jenem Druck die Wage hällt, allmälig immer höhere Töne geben, ja es kann sogar dieselbe sehr verengt sein, und doch der Ton in die Höhe gehen, wenn der Druck der Luftsäule den von aussen her kommenden Seitendruck überwiegt. Findet (mit oder ohne die eben erwähnten Hülfsmittel) eine Längenspannung der Stimmbänder statt, so wird diese ihrerseits ebenfalls eine Erweiterung der Glottis für Erhöhung des Tones überflüssig machen, zumal da die Glottis dabei an Länge zunimmt. Wir sehen also den Kehlkopf im Besitz einer Menge Mittel, durch deren Kooperation die Glottis für jeden beliebigen Falsetton eine solche Einstellung annehmen kann, wie sie gerade wünschenswerth ist; namentlich wird dadurch ein sehr bedeutender Uebelstand vermieden, nämlich, dass durch Erweiterung der Glottis alle Tonbildung aufhören könnte. Wir wissen ja, wie beschränkt bei soliden Apparaten die Grenzen der Weite der Pfeiföffnungen für eine gewisse Dimension des Apparats sein müssen, wenn er überhaupt Töne geben soll, und wie leicht durch eine gewisse Vergrösserung der Oeffnung alle Tonbildung vereitelt wird.

Von den eben erwähnten tonabstufenden Mitteln ist die Längenspannung und die Tension der ansprechenden Luftsäule das gewöhnlichste und ergiebigste. Je schlaffer die Stimmbänder (Glottiswandungen), desto leiser und schwächer muss auch der Luftanspruch sein, wenn überhaupt noch ein Falsetton erscheinen soll. Sobald hier die Tension der Luft nur etwas zunimmt und dann die der Bänder überwiegt, so gerathen dieselben sofort in Zungenschwingungen, welche einen andern, tiefern, Ton geben. Aus diesem Grunde ist auch immer eine gewisse Längenspannung der Bänder zum Falsetregister erforderlich. Sind dagegen die Bänder bis auf ihr Maximum gespannt und somit in verhältnissmässig sehr solide und renitente Körper verwandelt worden, dann reichen die gewöhnlichen Spannungsgrade der Luftsäule überhaupt nicht mehr hin, um Zungenschwingungen zu erzeugen, sondern es erfolgen nur noch Fisteltöne, die sich auch durch Verstärkung der Lufttension ansehnlich, und zwar weit ergiebiger, als die Zungentöne, etwa um 1 Oktave und noch mehr (wenn einiger Seitendruck zu Hülfe kommt) erhöhen lassen. Dergleichen hohe und höchste Fisteltöne haben das vollendete Pfeiftimbre, klingen schreiend oder quiekend, und zeigen fast gar keine Aehnlichkeit mehr mit den gewöhnlichen Kehlkopftönen.

Schwieriger zu erforschen ist das Verhalten der Fisteltöne bei Gegeneinanderdrücken der Bänder. Bei mehrern meiner Versuche, den Fistelton durch Zusammenkneipen der Stimmbänder zu erhöhen, schlug derselbe sofort in das 1. oder 2. Register um. Wenn ich am vordern Ende der Glottis die schmalen Randpartien vorsichtig mit der Pincette zusammenschob, so blieb der hintere Theil der Glottis in einiger Länge und Breite noch offen,

der Ton behielt seinen Fistelcharakter, und liess sich je nach dem Grade der Einwirkung (ob bei gleichbleibender Stärke des Windes, ist nicht angegeben, bis auf mindestens 1 Oktave erhöhen. Ferner: Wenn der Grundregisterton durch Kompression der ganzen innern (Rand-) Zone bis etwa um 1 Oktave bereits erhöht worden war, und nun die Kompression und Luftgebung ziemlich in gleichem Grade fortgesetzt wurde, so öffnete sich der hintere Theil der Glottis, und der Mechanismus wurde ganz so, wie der des Fistelregisters, als ob nur das vordere Ende der Randzone komprimirt zu werden anfinge. Wurden die Bänder hinten komprimirt und ein gehörig gespannter Luftstrom durchgetrieben, so schwangen sie mit vollen Zungenschwingungen, welche crescendo einige höhere Töne gaben, als selbst der Fistelton war, den die Glottis bei gleicher Längenspannung ohne Seitendruck gab: so wie aber jener Luftdruck erheblich nachliess, war auch sofort ein Fistelton da, der einige Stufen höher lag, und nun durch die angegebenen Mittel, jedenfalls durch einen weit geringern Druck, als für Töne des 1. Registers nöthig war, erhöht werden konnte. Bei gehöriger Handhabung der Pincette und Modifikation des Luftdrucks, namentlich wenn ich mit dem Druck der Pincette zuerst etwas nachliess, dann wieder sukcessiv stieg, konnte ich einen sukcessiven Ueberzug jener hohen „Brusttöne" ins Falset ganz gut bewirken und den sonst gewöhnlichen Sprung völlig vermeiden. Uebrigens ist auch bei diesen durch Kompression erhöhten Fisteltönen Vermehrung des Luftdrucks im Stande, eine weitere Erhöhung der Tonstufe bis zu 1 Oktave zu erzielen. Wenn, wie es bei dem eben erwähnten Versuche der Fall war, bei gleichbleibender Bänderspannung der tiefste Falsetton a^1, der parallele „Brustton" cis^1 betrug, so kam es nur darauf an, durch sukcessive Kompression der Bänder diesen Brustton bis auf gis^1 oder a^1 zu erhöhen, worauf diese Druckkraft in entsprechendem Maasse nachlassen musste, um im Falset mittels des ihm zukommenden, weit weniger Kraft beanspruchenden Mechanismus fortzufahren. Dieses Fistel-a^1 liess sich auf diese Weise um mindestens 2 Oktaven erhöhen: freilich klangen die höchsten dieser Töne nicht sehr angenehm.

Das 2. Fistelregister hat einen ungleich grössern Umfang, als das erstere. Es reicht etwa von der Mitte des 1. Registers bis ungefähr 1 Oktave über dasselbe hinaus. An einem weiblichen Kehlkopf, wo der tiefste Brustton bei f, der mittelste (Nullpunkt) bei c^1—d^1 lag, setzte der tiefste Fistelton auf diesem Mitteltone mit a^1 ein und liess sich durch die verschiedenen Mittel bis auf c^4 erhöhen, so dass das ganze Register 2 Oktaven + 1 Tertie betrug. Die bessern Töne reichen jedoch selten höher, als bei Weibern bis e^3—f^3, bei Männern 1 Oktave tiefer. Die tiefsten Fisteltöne klingen auch an ausgeschnittenen Kehlköpfen schwach, hauchartig, weich, ohne die geringste Intensität, die mittlern oder mittelhohen haben die meiste Fülle, Klangstärke und Wohllaut, weil hier das Verhältniss zwischen Glottisweite, Spannung (Renitenz) der Bänder einer- und der Luftsäule andererseits das zur Erzielung jener Eigenschaften günstigste und ergiebigste ist, wie sich selbst auf dem todten Kehlkopf ganz gut demonstriren lässt. Bei den hohen und höchsten Fisteltönen wird wegen Beengung der Glottis nur verhältnissmässig wenig Luft in Klang gesetzt, der Ton wird daher spitz, klein, leer und gehalt- oder nachhaltlos.

Schwellen ohne Stufenerhöhung lassen sich nur die mittlern Töne dieses Registers: die tiefern springen crescendo in das Brustregister um, wofern

dieser Uebergang nicht vermittelt wird, weil bei der vorhandenen Beschaffenheit der Stimmbänder stärkerer Luftdruck Zungenschwingungen erzeugt. Die höhern und höchsten Töne haben ihre Stufe schon durch eine bestimmte Lufttension erhalten, die sich ohne Stufenänderung nicht noch mehr verstärken lässt, weil die übrigen Modifikationsmittel schon auf einen Punkt angelangt sind, wo sie zu einer etwaigen Kompensation nicht mehr fähig sind.

Was nun die Verhältnisse und Verwandtschaften anlangt, in welchen das 2. Fistelregister zu den übrigen Registern steht, so müssen diese schon deshalb eigenthümlicher Art sein, weil der Schwingungsmechanismus so auffallend von dem letzterer abweicht. Zu dem 1. und 2. Register steht es in absolutem Gegensatz: mit ihnen hat es nichts gemein, als die sogenannten Paralleltöne, die aber immer in einem mehr oder weniger bedeutendem Intervall von einander entfernt liegen. Dies Intervall betrug in den von mir beobachteten Fällen 5 bis 12 *) Stufen, gewöhnlich 6 bis 7 Stufen. Man kann also einen und denselben Ton, z. B. e', nach Belieben mit Grund- oder Fistelregister angeben: in letzterem Falle werden die Stimmbänder einen Spannungsgrad haben, wie er etwa zur Erzeugung des Grundtons g erfordert wird. Zuweilen wurde bei meinen Beobachtungen der Fistelton von einem gewöhnlich 1 Oktave tiefer liegenden schnarrenden Interferenzgeräusch begleitet, welches durch partielles Gegenschlagen der mittlern Partie der Bandränder entstanden zu sein schien. In einigen Fällen glaubte ich wahrzunehmen, dass diese Interferenzen durch Schläge der obern Stimmbänderzonen gegen die Taschenbänder erzeugt würden. Wir kommen im nächsten Abschnitt auf diese Phänomene noch einmal zurück. — Die wichtigste Verwandtschaft des 2. Fistelregisters ist die mit dem 1. Fistelregister oder dem konnivirenden Oberzonenregister. Diese Verwandtschaft erwächst zunächst aus der theilweisen Zungennatur der Schwingungen des 2. Fistelregisters. Wird der Glottisapparat durch Modifikation des koncentrischen oder des excentrischen Druckes, der auf die Randzonen wirkt, so disponirt, dass die Luftschwingungen zurücktreten, die Zungenschwingungen dagegen zur vorzugsweisen Geltung kommen, so geht das 5. Register in das 4. über. Dieser Uebergang ist aber nur auf den Tönen möglich, welche beide Register gemeinschaftlich besitzen. Der Tonbereich des 4. Registers liegt so ziemlich in der Mitte des Bereichs des 5. Registers, wenn wir die höchsten Töne desselben nicht berücksichtigen. Wir haben schon im Vorigen das Verfahren bezeichnet, den Uebergang des zweiten Registers ins 5. zu vermitteln, und zwar geschah diese Vermittelung offenbar durch Hülfe des Mechanismus des 4. Registers, das jedoch hier eben nur eine vorübergehende Rolle zu spielen brauchte. In gleicher Weise wird man nun zu verfahren haben, wenn man aus dem 2. Fistelregister ins 2. Hauptregister zurückkehren will. Kommt es dabei auf einen sukcesiven Uebergang nicht an, so reicht dazu schon verstärktes Anblasen hin. Bei mehrern Kehlköpfen, wenn sie eine Zeit lang (z. B. 1 Tag) gelegen hatten und dadurch etwas ausgetrocknet waren, waren die ersten Töne, welche sie beim Anblasen angaben, stets Fisteltöne; sobald aber die Bänder durch den feuchten Athem wieder angefrischt und dadurch wohl auch mehr konnivirend geworden waren, sprachen die Töne

*) Wenn nicht hier ein Irrthum hinsichtlich der Oktavenlage obwaltet: vielleicht betrug auch in diesem Falle der Abstand nur 1 Quinte, d. h. 1 Oktave weniger, als das angegebene Intervall. Aber 10 Stufen betragend habe ich das Intervall wirklich gefunden.

des 1. Registers, etwa 1 Oktave tiefer liegend, ohne sonderliche Luftdruckvermehrung wieder an. Noch auffallender waren die Erscheinungen an einem schon zu vielen Experimenten gedient habenden, sowie an einem ähnlich benutzten und nachgehends längere Zeit in Spiritus aufbewahrt gewesenen weiblichen Kehlkopf, welche beide bei einer gewissen, mittlern Bänderdisposition zuerst einen Fistelton angaben, wobei die Glottis offen erschien, welcher Ton sehr bald in einen 4 Stufen tiefer liegenden Ton des 4. Registers umsprang, der weiterhin, bei stärkerem Blasen, in dem erstern Falle in den weitern 5 Stufen tiefer liegenden Ton des 1. Registers überging, in dem andern Falle von einem über 1 Oktave tiefern Schnarrton als Interferenz begleitet wurde. Ueberhaupt sind dergleichen, diesem Falsetregister angehörigen Vor- oder Anlaut-Töne oft genug an todten Kehlköpfen zu beobachten. Will man nun jenen, etwa 1 Quarte betragenden Sprung vom 2. zum 1. Fistelregister vermeiden, so handelt es sich einfach darum, zu verhüten, dass der zu erwartende Ton des letztern Registers zu tief ausfalle, im Gegentheil sich auf die gewünschte, z. B. nur 1 Stufe unter jenem Tone des 2. Fistelregisters liegende Höhe steigere. Dies geschieht ganz einfach durch eine angemessene, durch einige Uebung bald zu findende, Gegeneinanderbewegung der Glottisränder, mit deren sukcessiver Nachlassung man weiterhin den Ton Stufe für Stufe abwärts in das 2. und nach Belieben ins 1. (Haupt-) Register überleiten kann.

Mit dem 3. Register endlich steht das 5 in einer Verwandtschaft zweiten Grades, obwohl der Stufenabstand ein sehr grosser ist. Die Aehnlichkeit besteht nämlich darin, dass in beiden Registern keine legitimen Zungenschwingungen zu Stande kommen, sondern der Ton durch etwas Anderes erzeugt wird, und dass der Luftanspruch in beiden Fällen ein schwächerer sein muss, als caeteris paribus bei den übrigen Registern. Diese Aehnlichkeit ist jedoch, trotzdem dass alle übrigen Mechanismen andere sind, hinreichend, um aus dem Fistelregister direkt ins Strohbassregister ohne Absatz, wenn auch mit erheblichem Sprung, überzugehen, sofern decrescendo die Längenspannung der Bänder in gleichem Verhältniss mit der Zunahme des Seitendrucks oder dem Zustandekommen des Glottisschlusses rasch genug abnimmt. Am lebenden Organ lässt sich freilich dieser Uebergang besser bewirken, als am todten nachahmen, doch gelingt es auch hier, wofern man die sphinkterische Aktion des M. thyreo-arytaenoid. und ary-arytaen. durch entsprechende Kompression ersetzt. Auch Harless *) hat, wenn auch auf andere Art, eine solche Registerähnlichkeit am todten Organ nachzuweisen gesucht, dafern seine „Contra-Töne“ wirklich mit unserem Strohbassregister identisch sind (sie scheinen es wenigstens mit den höhern Tönen dieses Registers zu sein). Harless erzeugt seine Contratöne nämlich dadurch, dass er bei etwas divergirenden Vokalfortsätzen entweder das eine Band möglichst erschlafft und unter die Ebene des andern stärker gespannten schiebt; oder beide Bänder gleichmässig erschlafft, und dann die Giesskannenknorpel plötzlich oder ruckweise vor- und abwärts bewegt. Dabei kann die Athmungsritze offen sein, oder nicht, die Stimmbänder in gleicher Ebene bleiben, oder in verschiedene gelegt werden. Nur darf, wenn ein Band tiefer als das andere steht, das tiefer stehende nicht stärker gespannt werden, als das andere, denn sobald dies geschieht, springt der Ton in einen Fistelton um. Also kommen nach Harless

*) A. a. O. S. 696 ff.

Fisteltöne ausser dem gewöhnlichen Mechanismus auch dadurch zu Stande, dass das eine Band etwas über die Ebene des andern gehoben, und zugleich das unten bleibende etwas mehr angezogen wird. Ich habe die Harless'schen Versuche bis jetzt noch nicht zu wiederholen Gelegenheit gehabt, habe dagegen mehrmals einseitig überwiegende Bänderschwingungen (einseitige Zungenschwingungen) künstlich erzeugt, durch welche ein Ton erzeugt wurde, der gewöhnlich ein Paar Stufen höher, als der caeteris paribus erzeugbare Vollton lag, matt und heiser klang, aber noch lange kein Fistelton genannt werden konnte. Mehr Verwandtschaft mit dem Strohbassregister erhalten diejenigen fistelartig klingenden Töne, welche ich einige Male erhielt, als ich die Glottis gleichzeitig von vorn und hinten, und von den Seiten her komprimirte, zunächst, um auf diese Art Töne des 3. Registers zu erzielen: diese Töne lagen jedoch ziemlich hoch, waren matt, klangarm; die Bänder schienen dabei nur partiell zu schwingen.

3) Besondere Modifikationen des Tones hinsichtlich der Schwingungszahl und des Klanges.

a) Einfluss der Stimmritzenform. — Die Stimmritzenform ist zwar an sich für die Erzeugung eines bestimmten Tones einflusslos, nicht aber für die Möglichkeit einer Tonerzeugung überhaupt; indirekt hat sich auch Einfluss auf einen bestimmten Ton, der bei ihr erzeugbar ist. Am schwierigsten spricht der Ton bei der ersten Glottisform an, wo die Giesskannenknorpel allenthalben von einander abstehen (vergl. S. 119). Der Ton erfordert hier einen sehr starken Luftdruck und ist schreiend, obwohl schreiende Töne auch auf andere Art erzeugt werden können, s. unter g). Am leichtesten gelingt nach Harless der Tonanspruch bei geschlossener Bänderglottis, wenn dabei die Knorpelglottis nach hinten geöffnet ist, womit ich jedoch nicht übereinstimmen kann. Ob ein gewisser Ton durch Veränderung dieser Form (durch Oeffnen oder Schliessen der Knorpelglottis) sich unbedingt ändern müsse, ist schwer zu entscheiden, da dabei nicht nur der Giesskannenknorpelstand, und somit die Länge der Stimmbänder, sich fortwährend ändert, sondern auch die Taschenbänder den Bewegungen jener Knorpel folgen müssen, wodurch die Ventrikelräume bald (beim Oeffnen) erweitert, bald (beim Schliessen) verengert werden. Jedenfalls ist der Einfluss auf die Tonstufe in keinem Falle bedeutend (ich fand bald etwas Erhöhung, bald etwas Vertiefung derselben); mehr leidet der Klang des Tones, wenn die Knorpelglottis offen steht. Mittels seiner oben (S. 511.) erwähnten Vorrichtung vermochte Harless genau den Einfluss der Stimmritzenform bei sorgsamer Beachtung des Manometerstandes zu studiren. Dabei fand er immer eine mit dem fortschreitenden Verengen der Glottis gleichzeitig eintretende Tonerhöhung, verbunden mit einem Steigen des Manometers (Zunahme des Luftdrucks) bei gleichbleibender Längenspannung der Bänder. Bei offenem „Ventil" (Knorpelglottis) und einer Stimmritzenbreite von $2{,}5$ Mm. (1 ''') war bei 70 Mm. Manometer der Ton = Cis. Verschluss des Ventils erhöhte das Manometer um 5 Mm. und demnach den Ton um $^1/_8$ Stufe: würden noch die Stimmbänder einander bis zur Berührung genähert, so stieg der Ton auf E und das Manometer auf 95. Oft vermag man allerdings bei Verengung der Stimmritze den Ton auf gleicher Höhe zu erhalten, wenn der Winddruck gleichzeitig verringert wird, aber in vielen andern Fällen hört der Ton ganz auf, wenn man hier die Windstärke abnehmen

lässt*). Nach Harless verhütet das Schliessen des Ventils das Detoniren oder unfreiwillige Sinken des Tones in Folge der abnehmenden Spannung der Luftsäule, wofern dies durch Mehrspannung der Bänder nicht mehr möglich ist**). Freilich geht er dabei von der jedenfalls falschen Ansicht aus, dass beim Singen das Ventil von Anfang einer Exspiration an offen stehe. Jedenfalls hat der Kehlkopf und der übrige Stimmorganismus andere Mittel, um ihm einen solchen Mechanismus, welcher anstatt des einen Fehlers einen andern, vielleicht noch schlimmern, setzt, zu ersparen.

Ueber die wahre Weite der Stimmritze während der Stimmbandschwingung hat Harless auch Versuche angestellt, die jedoch, wie er selbst sagt, noch nicht zu Ende geführt sind. Die Maxima der Exkursionen folgen sich bei stärkern Spannungen schneller, als bei schwächern, weshalb für eine längere Reihe von Schwingungen im Mittel die Ausströmungsöffnung grösser für kleine, als für grosse Exkursionen sein dürfte, wobei jedoch zu erwägen ist, dass die Bewegung einer Exkursion anfangs am schnellsten, zu Ende am langsamsten ist. Bei diesen Schwierigkeiten griff Harless zu einem praktischeren Mittel: er berechnete die Zeit, in welcher ein bestimmtes Quantum Luft bei gleichem Druck durch eine schwingende und dann durch eine am Schwingen behinderte Ritze caeteris paribus durchging. Nach dieser Berechnung wächst die Verzögerung des Ausströmens mit der Höhe des Tones, und umgekehrt die Beschleunigung des Ausströmens mit der Tiefe des Tones; bei konstanter Weite der Ritze ist auch etwa $^1/_3$ mehr Zeit erforderlich. Da jedoch die Zungen bei ihrer Rekursion nicht völlig zu ihrer Ebene zurückkehren, weil sie vom Winde fortwährend abgetrieben erhalten werden, so wird die Bestimmung der wahren mittlern Weite der Stimmbänder noch mehr erschwert, und ist dieselbe bis jetzt noch nicht sicher berechnet***).

b) Einfluss der Neigung der Stimmbandebene. Diese Neigung gehört nach Harless zu den die Tonhöhe kompensirenden Faktoren des Kehlkopfs. Er fand, dass geneigte Zungen, mag die Neigung gegen den Horizont oder gegen einander gehen, durch einen Luftstrom von gleichbleibender Spannung leichter in Schwingungen gerathen, als nicht geneigte. Wenn nun bei zunehmenden Spannungsgraden der Bänder auch die Neigung derselben verhältnissmässig zunimmt, so wird der Widerstand, den das Band dem Luftstrome entgegensetzt, eben durch Zunahme der Neigung ausgeglichen, und es braucht unter diesen Umständen die Spannung der ansprechenden Luft für höhere Töne nicht zuzunehmen. Kürzere Bänder werden verhältnissmässig stärker ausgedehnt, als lange, daher sind sie auch schon von vorn herein verhältnissmässig stärker geneigt und werden es bei Ausdehnung noch mehr. Bei Männern sind die Stimmbänder nach H. im allgemeinen stärker gegen den Horizont geneigt, als bei Frauen, was von der grössern Festigkeit der Bänder abhängig sein mag; bei Frauen sind sie mehr gegen einander geneigt. Im übrigen schwanken diese Neigungsverhältnisse bei den verschiedenen Individuen sehr, je nach der Energie ihrer Respiration, was bei Beurtheilung der individuellen Stimmverhältnisse jedenfalls sehr zu berücksichtigen ist, aber noch vielfache Untersuchungen erfordert.

c) Einfluss der Spannungsgrade der Bänder. Müller's Fal-

*) Harless S. 677 ff.
**) Derselbe S. 567.
***) Ders. S. 585.

set. — Johannes Müller spannte, nachdem er einen festen Verschluss der Knorpelglottis bewirkt hatte, die Stimmbänder auf zweierlei Art in die Länge an, einmal durch einen horizontalen, d. h. in der Längenrichtung der Bänder gehenden Zug, sodann durch einen vertikalen, den Schildknorpel im Sinne des M. cricothyreoideus gegen den Ringknorpel hebelartig bewegenden Zug. Diese beiden Spannungsmethoden gaben sehr verschiedene Resultate. Leider hat Müller unterlassen, bei seinen Versuchen den Betrag der Verlängerung der Stimmbänder zu erforschen. *A priori* sollten wir nun wohl erwarten, dass eine in gerader Richtung auf eine elastische Membran wirkende Zugkraft caeteris paribus eine grössere Verlängerung, also auch Anspannung derselben bewirken werde, als eine senkrecht zur Längenrichtung der Membran ziehende hebelartig wirkende Kraft, und dass demnach das Resultat im ersten Falle ein ausgiebigeres sein müsse, als in letzterem. Dies ist aber bei den in Rede stehenden Versuchen nicht der Fall. Der direkte Zug mit einer von 4 bis 64 Loth wachsenden Kraft bewirkte nur eine Tonerhöhung von $1\frac{1}{3}$ bis höchstens 2 Oktaven, durchschnittlich $1\frac{1}{2}$, während der senkrechte Zug mit einer von $\frac{1}{2}$ bis 37 Loth wachsenden Kraft den Ton (eines männlichen Kehlkopfs) von b bis dis^3 erhöhte, was $2\frac{1}{2}$ Oktaven austrägt. Und selbst hiermit war der Tonbereich noch nicht zu Ende: bei stärkerer Spannung erschienen einige noch höhere, freilich unangenehme, pfeifende oder schreiende Töne. Müller hat nicht für gut befunden, über diese auffallende Differenz und deren mögliche Ursachen Erörterungen anzustellen. Nach meiner Ansicht erklärt sich die beim Hebelzug unverhältnissmässig und auffallend ergiebigere Tonerhöhung dadurch, dass bei diesem Mechanismus nicht nur die Stimmbänder in die Länge gespannt werden, sondern dass auch die ganzen zwischen den Ventrikeln und dem Ringknorpel liegenden Gebilde von oben nach unten komprimirt und dadurch genöthigt werden, seitlich, also nach innen, die Stimmbänder also gegen einander, auszuweichen: letztere müssen also hier auch mit einer gewissen Kraft gegen einander bewegt, gedrückt werden; ein Moment, was, wie wir wissen und Müller auch schon wusste, an sich gleichfalls tonerhöhend einwirkt, folglich in diesem Falle der Erhöhung des Tones durch den Längenzug einen erheblichen Zuwachs ertheilen musste. Dass übrigens die Stimmbänder des Kehlkopfs bei ihrer anatomischen Komplicirtheit und ihren vielfachen Insertionspunkten nicht nach den Gesetzen frei aufgespannter Seiten durch blos einseitige Spannung ihren Ton erhöhen können, dass zur Weitererhöhung schon hoher Töne die Kraft weit beträchtlicher sein müsse, als für tiefe Töne, dies liegt so nahe, dass es keines weitern Nachweises bedarf. In allen Fällen, wo die Tonerhöhung der Stimmbänder ungewöhnlich leicht und fast ebenso ausgiebig zu sein scheint, als die der Saiten, müssen wir ausser der Längenspannung noch nach einem andern tonerhöhenden Element suchen, und wir werden es gewiss nie vermissen.

Betrachten wir uns die Müller'schen Tafeln zu Vers. XIV und besonders Vers. XVI etwas genauer, so sehen wir, dass hier die Erhöhung des Tones ebenso sukcessiv vor sich geht, wie das Auflegen der Gewichte auf die die Spannkraft aufnehmende Wagschale. Also die Tonerhöhung geht ohne allen Sprung, folglich auch ohne Registeränderung vor sich. Alle die hier verzeichneten Töne, von ais an bis dis^3, gehören einem und demselben Register an. Welches Register dies sei, dies sagt Müller nicht. Auch ist es nicht schwer, darüber ins Klare zu kommen. Es kann kein anderes Register ge-

wesen sein, als unser 5. Register, dasselbe, was Müller bald darauf Falsetregister nennt. Ueberhaupt unterscheidet Müller nur zwei Register am ausgeschnittenen Kehlkopf, Brust- und Falsetregister. Bei dem erstern schwingen die ganzen Stimmbänder lebhaft und mit grossen Exkursionen, wobei die Glottis geschlossen erscheint; auch die angrenzende Membran vor den Stimmbändern, welche mit diesen zusammenhängt und von dem untern stärksten Theil des M. thyreo-arytaenoid. bedeckt ist, schwingt heftig mit sammt diesem Muskel. Dieser Muskel muss nun nach Müller's Ansicht gar verschiedene Funktionen behufs der Abstufung dieses Brustregisters übernehmen. Einmal soll er, wie eben erwähnt, bloss das Stimmband verstärken helfen, heftig mitschwingen, Exkursionen machen, wobei er sich aktiv oder passiv verhalten kann, und zwar muss man nach Müller's Worten annehmen, dass dies bei allen Brusttönen der Fall ist. Zweitens soll er den Brustton vertiefen, dadurch, dass er durch seine Kontraktion den Schildknorpel gegen die (fixirten) Gieskannenknorpel zieht, wodurch die Stimmbänder verkürzt und noch mehr abgespannt werden. Diesen Vorgang ahmte Müller am Kehlkopf durch Rückwärtsziehen des Schildknorpels nach, wobei er, um den Ton von dis¹ (mit $^3/_{10}$ Loth Gegengewicht) bis auf H zu vertiefen, nur etwa 4 Loth Zugkraft nöthig hatte, so dass auf $^1/_2$ Ton noch nicht $^1/_4$ Loth kam, wenn auch hier kein so absteigendes Verhältniss stattfand, wie bei den (Falset-) Tonerhöhungsversuchen; nur die höheren Töne erforderten mehr Gewicht zur Vertiefung (ziemlich je $^1/_2$ Loth) als die tiefern, wo sich das erforderliche Mehrgewicht 1 Oktave lang für jeden Halbton ziemlich gleich blieb. Trotz alledem soll Drittens der M. thyreo-arytaenoid. den Brustton auch erhöhen, nachdem durch sukcessive Entfernung des Schildknorpels nach vorn, ohne dass jedoch die Stimmbänder „einigermaassen stärker" gespannt werden, der Ton wenigstens im Umfang einer Oktave vom tiefsten möglichen Basston an (im vorigen Falle betrug der Umfang $1^1/_2$ Oktave) erhöht worden ist. Will man nämlich von hier aus noch höhere Brusttöne erzielen, so darf man nach Müller ja nicht die Längenspannung der Stimmbänder im Sinne des M. cricothyreoideus weiter fortsetzen, sonst springt der Ton sofort in die Fistelstimme über, sondern man muss bei Vermeidung jenes Längenzugs entweder den Luftdruck verstärken, wodurch man wenigstens noch 4 — 5 höhere Töne, wenn auch nur *forte* und geräuschvoll, erhalten kann, oder man soll den nächsten Raum unter den Stimmbändern (Müller versteht unter den Stimmbändern nicht viel mehr, als unsere 1. Zone derselben) verengern, dadurch, dass man (s. unser 2. Register) zwei platte Skalpellstiele konvergirend von beiden Seiten so tief als möglich gegen die Seiten der Kehlkopfmembran einige Linien unter den Stimmbändern eindrückt, welche Wirkung am lebenden Körper die (Zusammenziehung der) untern Theile der Mm. thyreo-arytaenoidei haben sollen*). So wirken diese Muskeln als Obturatoren dieser Stelle des „Windrohrs"; ausserdem können sie bei dieser Wirkung die mit den Stimmbändern schwingenden Membranen, ja die Stimmbänder selbst von aussen dämpfen, sie können schlaffe Stimmbänder straff machen, und demnach auf verschiedene Weise den Ton erhöhen. Doch soll man diese Wirkung der genannten Muskeln auch durch seitliches Zusammendrücken des Schildknorpels ersetzen können. Auf diese Art soll der Bereich des Brustregisters noch etwa um 1

*) Müller Physiologie II, S. 196.

Oktave in die Höhe erweitert werden, z. B. wenn von der grössten Anspannung der Stimmbänder an bis zum Nullpunkt (in unserem Sinne) der Kehlkopf die Brusttöne c — c[1] gegeben, war durch Kompression der unter den Stimmbändern liegenden Weichtheile eine Erhöhung des Brustregisters bis c^2 möglich.

Demnach soll nach J. Müller dasselbe, was einmal den Ton vertieft (Zusammenziehen des M. thyreo-aryt.), ihn das anderemal erhöhen; dabei soll ein lebhaftes Mitschwingen dieses Muskels das Charakteristische des Brustregisters sein. Bald lässt Müller das Register wesentlich durch freies Mitschwingen der die (elastischen) Stimmbänder begrenzenden Theile zu Stande kommen, bald hält er Dämpfung dieser Theile dazu für erforderlich. Das sind unlösliche und unvereinbare Widersprüche, welche die Theorie, die Müller von den Brusttönen giebt, gerade nicht in ein vortheilhaftes Licht stellen.

Bei dem Falsetregister schwingt nach Müller bloss der innere oder Randtheil der Stimmbänder: die Töne desselben hängen in Hinsicht ihrer Höhe von der Längenspannung der Stimmbänder ab.

Nach dieser Ansicht wird die Glottis beim Brustregister gar nicht über den Nullpunkt verlängert, sondern nur verkürzt oder von den Seiten her verengert, während beim Falset diese seitliche Verengerung fehlt und dafür der Längenzug eintritt. Ziemlich derselben Ansicht ist auch Liskovius *), nur dass derselbe den Längenzug an den Stimmbändern nicht von vorn aus (im Sinne des M. crico-thyreoideus), sondern von hinten mittels des M. cricoarytaenoideus posticus zu Stande kommen lässt. Die Brusttöne entstehen und erhöhen sich nach Liskovius bei mehr oder weniger Erschlaffung der Stimmbänder durch einen auf dieselben ausgeübten Seitendruck, wodurch die Stimmbänder in eine gegenseitige Berührung kommen, welche in Gemässheit der ausgeschweiften Gestalt der Stimmbänder an ihren Enden anfängt und mit zunehmendem Seitendrucke weiterschreitet. Die Tonerhöhung geschieht also hier durch Verkleinerung des schwingenden Theils mittels der Dämpfung. Je grösser der Druck, desto weiter die Dämpfung und desto höher der Ton. Aller Unterschied der Brust- und Fistelstimme beruht sonach darauf, dass die Giesskannenknorpel bei der Bruststimme vorwärts geneigt sind, bei der Fistelstimme mehr oder weniger rückwärts gezogen werden. Daher sind die Stimmbänder bei der Bruststimme schlaff, bei der Fistelstimme straff, daher die Exkursionen dort grösser und der Klang härter (trotz aller Schlaffheit), hier die Exkursionen kleiner und der Klang weicher, sanfter u. s. w.**) Ueber die Organe, welche jene Verengerung der Stimmritze beim Brustregister im Leben bewirken sollen, spricht sich Liskovius nicht näher aus. — Auch Harless stimmt in die Müller'schen Irrlehren ein uud geht überhaupt über diesen wichtigen Punkt mit einer Oberflächlichkeit hinweg, die man von einem sonst so subtilen Forscher nicht hätte erwarten gesollt. Er nennt die Spannungsgrade der Stimmbänder durch die Muskeln das die Tonhöhe wesentlich bedingende, und lässt sich daher speciell in die Erörterung dieses Moments ein. — Die absoluten Gewichtswerthe variiren nach den histologisch-physikalen Eigenschaften der verschiedenen Stimmbänder, und stehen auch bei denselben Bändern ihre Quadratwurzeln nicht in direktem

*) Physiologie der Stimme S. 18 ff. S. 38 ff.
**) Liskovius a. a. O. §. 55.

Verhältniss zur Tonhöhe wegen des bei verschiedenen Dehnungsgraden verschiedenen Elasticitätsmodulus. Wenn man die Gewichte im Sinne des Musc. crico-thyreoideus wirken lässt, bekommt man eine stetiger abfallende Kurve, die nur gegen das untere Ende hin steiler abfällt. Müller, der anders operirte, musste bei den höheren Tönen mehr Gewichte anwenden. Im Allgemeinen reichen 467 Gm. (1 Civ. Pf.) hin, um 2 Oktaven an natürlichen Stimmbändern zu erzeugen, wo das Maximum der Dehnung noch nicht erreicht ist; doch muss dabei auch die Windstärke in Anschlag gebracht werden. Die höchsten Töne erfordern circa 10 Centim. Wasserdruck, also bei 1,8 C. M. langen und 0,4 breiten Bändern 934 + 7 Gm Kraft.*) Durch Abwärtsbewegen des Ringknorpels oder Abwärts- und Vorwärtsschieben der Giesskannenknorpel lassen sich die Bänder durch eine 7—10 Gm. entsprechende Belastung allmälig bis auf H—E vertiefen. Im Leben ist hier besonders die Temperatur des Athems und die Verringerung des Elasticitätsgrads des M. thyreoarytaenoideus das Thätige. Die Verengung des Raums zunächst unter den Stimmbändern (unter der obern Zone derselben), welche das Brustregister erhöht und das Falset verhütet, ahmte Harless durch einen (nicht näher beschriebenen) Aufsatz auf dem Windrohr, der gegen die Stimmbänder mehr oder weniger nahe geschoben werden konnte, nach, und erzielte dadurch, jedoch nur bei Zunahme der Windstärke (sonst war kein Ton möglich), eine Erhöhung des Tons. Ueber den Mechanismus des Falsets bringt Harless nichts Neues, ausser dem bereits früher Angeführten vor. Und dennoch war Harless, vermöge seiner trefflichen Vorarbeiten, namentlich hinsichtlich der Töne der kontrahirten Muskeln und des Muskelmechanismus überhaupt**) wohl im Stande, eine richtigere Theorie der Tonregister des menschlichen Kehlkopfs aufzustellen. Wir kommen darauf im nächsten Abschnitt zurück, wo wir überhaupt erst über die angeregten Fragpunkte ins Klare zu kommen erwarten dürfen.

d) Einfluss der Windstärke und Windrichtung. Kompensation. Das Piano und Forte der Kehlkopftöne wird nach J. Müller durch eine besondere Kompensation des Luftstosses mit der Stimmbänderspannung erzielt. Je stärker der Luftstoss, je mehr der Ton also Forte, desto mehr muss die Tension der Bänder abnehmen, wenn ein und dieselbe Tonstufe beibehalten werden soll. Zu höhern Piano-Tönen ist aber immer eine stärkere Tension und ein höherer Druck erforderlich, als bei tiefern, etwa zwei bis dreimal mehr, um den Ton um eine Oktave zu erhöhen. Zur Erhöhung des Grundtons der wenig (aber gleichbleibend) gespannten Bänder um einen ganzen Ton ist je nach den Umständen meist ein Zuwachs des Luftdrucks von 1—2 Centim. Wassersäule erforderlich, nur bei sehr hohen Tönen etwas mehr. Zur Erhebung des Grundtons der Bänder bei gleichbleibender schwacher Spannung um 1 Oktave ist etwa eine Druckvermehrung um das 7- bis 8fache, bei höhern Grundtönen ums 5—6fache nöthig. Zur Erhöhung um 1 Quarte oder Quinte ist der Druck ums Doppelte oder Dreifache zu verstärken; bei starker Spannung der Bänder ist ein verhältnissmässig stärkerer Druck nöthig. Diese Tonerhöhung durch stärkeren Anspruch hat aber ihre Grenze, kurz vor welcher die Kraftzunahme in sehr grossen Proportionen (sprungweise) stattfinden muss, um diesen letzten Ton

**) Harless a. a. O. S. 681 ff.
*) Harless a. a. O. S. 597 ff. und S. 572 ff.

zu erzwingen. Müller vermuthet hier einen Uebergang aus dem Brust- ins Falsetregister. Soll nun ein auf gleicher Stufe zu haltender Ton an Stärke wachsen, so muss der Zug des Schildknorpels nach unten in einem grössern Verhältniss abnehmen, als der Luftdruck zunehmen, etwa im Verhältniss = — 13 oder 14 : + 5 bis 8. Zur Herabdrückung auf den Grundton muss, wenn vorher der Ton durch stärkern Luftdruck um eine Quarte bis Quinte gestiegen war, die Spannung etwa um das Vierfache abnehmen.

Ueber das Verhältniss der Spannung der Stimmbänder zum Luftdruck stellte Müller vergleichende Versuche bei horizontalem und senkrechtem Zuge an. Bei senkrechtem Zuge (am Schildknorpel im Sinne des M. cricothyreoideus) war zur Erhöhung des Falsettones cis[1] um 1 Oktave ein Gewicht von 4,75 Loth erforderlich (früher etwa 6 Loth, s. Müller's 16. Versuch); bei horizontalem Zuge nur 3,45 Loth (während bei seinem frühern Versuche 14. hier zu demselben Zwecke ein Gewichtszuwachs von 12—16 Lothen erforderlich war, jedenfalls verhältnissmässig mehr, als bei senkrechtem Zuge. Allerdings hat er dort nicht angegeben, wie er das Präparat vorgerichtet hatte: hier, im neuen Versuche, hatte er alles den Zug hemmende weggeschnitten). Dann stellte er Tonerhöhungsversuche bei gleichbleibendem Luftdruck an. Im Durchschnitt erhöhte Verstärkung der Bänderspannung um das Vierfache den Ton um 1 Quarte oder Quinte, während die Erhöhung um 1 Oktave eine Spannungsverstärkung um das 13- bis 14fache erforderte. Soll also die Stärke der Stimme bei gleicher Höhe bis zum Forte steigen, so muss die Spannung der Bänder in einem viel grössern Verhältniss abnehmen, als der Luftdruck zunehmen, und wenn letzterer auf das 2—3fache steigt und dabei den Ton zur Quarte oder Quinte erhöht, so muss, um den Grundton fest zu halten, die Spannung der Bänder um das 4—5fache abnehmen, oder (auf Grund weiterer Versuche) wenn der Luftdruck von 1 bis 2 zunimmt, muss die Spannung von 1 bis 4 oder selbst 1 bis 8 abnehmen, um einen Ton von *p* bis *f* zu schwellen. Alle diese Versuche Müller's betrafen Falsettöne.

Kommt die Stärke des seitlichen Drucks (nach Müller mittels des Musc. thyreo-arytaenoideus) zur Erzeugung höherer Brusttöne nicht auch bei der Kompensation in Betracht? Müller's hierüber angestellte Versuche sind etwas unsicher. Er glaubt, dass ausser der wachsenden seitlichen Kompression noch ein Nebenumstand zur Tonerhöhung beitragen müsste, weil bisweilen die Kompression allein keine Tonerhöhung ergab. Doch führt er einen Versuch an, wo so ziemlich $^2/_3$ Loth Kompressivkraft die Erhöhung um $^1/_2$ Tonstufe bewirkte, wo ferner von 2,75 Loth bis 6,25 der Ton von h bis h[1] erhöht wurde. Je stärker der Druck auf die Bänder wird, desto mehr muss im Allgemeinen der Luftdruck zunehmen, um die Töne zu erhalten. Aber der Luftdruck wirkt auch besser tonerhöhend, wenn die Stimmritze verengt und komprimirt ist (vergl. auch b) dieses Kapitels). In Fällen, wo die blosse Kompression (z. B. von 0 bis 6 Loth auf jeder Seite) den Ton nicht erhöhte (bei gleichbleibendem Luftdruck), da kann nach Müller eine gleichzeitig zutretende Bänderspannung oder Verkürzung der schwingenden Theile und dergleichen noch eine Tonerhöhung bewirken.*) Jedenfalls wird

*) Müller, über die Kompensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Berlin 1839.

aber das Timbre des Tones verändert, auch wenn die Höhe gleichbleibt. Der Ton wird dumpfer, leer, gepresst.

Die Abhängigkeit des Tones von der Windstärke tritt nach Harless besonders bei wenig gespannten Bändern hervor und steht letztere auch mit dem Elasticitätsumfang in Verhältniss. Bei Kautschukbändern verlangt die Vermehrung der Schwingungsmengen um eine bestimmte Grösse bis nahe zum erreichbaren Maximum ziemlich gleichmässig fortschreitende Windverstärkung: bei den Kehlkopfbändern muss diese Verstärkung mit Zunahme der Tonhöhe wachsen. Doch ist dies gesetzliche Verhältniss von Windstärke und anfänglicher Spannung bei den verschiedenen Tönen und bei gleichem Spannungsgrad nicht so strikt nachweisbar, wie Harless durch seine Tafeln erörtert.*) — Die Direktion des Windes bleibt am Kehlkopf sich ziemlich gleich. Der Windstrom wird je nach der Muskelkontraktion und Stellung der Knorpel mehr oder weniger senkrecht auf die Bänder treffen und diese in mehr oder weniger geneigter Ebene stehen. Bei gleichbleibender Bänderspannung und Windstärke ändert sich der Ton auch bei Aenderung der Neigung der Stimmbandebene nicht. Doch erhöht sich der Ton etwas bei steiler Ebene, wenn man das Gebläse sich selbst überlässt.**) — Was mich anlangt, so habe ich zwar die über die gedachte Kompensation von Müller, Harless u. a. angestellten Versuche nicht in extenso wiederholt, weil ich auf Grund einiger Versuche, die ich diagnostische nennen möchte, keinen Anstand nehmen konnte, die Richtigkeit jener Versuche anzuerkennen. Wenn ich einen mit Gebläse u. s. w. versehenen Kehlkopf so auflegte, dass er auf dem Ringknorpelbogen und dem ersten Luftröhrenknorpel ruhte, während der Schildknorpel sich frei bewegen konnte, so wurde letzterer in gleichem Verhältniss gegen den Hinterrand des Kehlkopfs genähert, als die Luftgebung verstärkt wurde, und zwar dadurch, dass die Stimmbänder dabei ihre Schwingungsamplitude vergrösserten, und um nicht dadurch verlängert zu werden, ihre vordere Insertionsstelle der hintern in entsprechendem Maasse näherten. Demnach ist schon der blosse Seitendruck der Luftsäule im Stande, die Längenspannung der Stimmbänder so weit zu verändern, als zur Erhaltung der Schwingungszahl erfordert wird. Ueber den kompensirenden Einfluss des von den Seiten her auf die Stimmbänder ausgeübten (Muskel-) Drucks haben wir bei Gelegenheit unsers 2. Registers ausführlicher gesprochen.

e) Einfluss des Raumes über den Bändern und der Rohransätze. Die Versuche Müller's über die Funktionen der Taschenbänder, des Kehldeckels u. s. w. haben keine neuen Tonmotive kennen gelernt. Die Ventrikel tragen zur Verstärkung des Klanges bei: bei grosser Annäherung der Taschenbänder gegeneinander entstehen eigene Töne, die Müller nicht weiter beschreibt, so wie er auch nicht angiebt, ob sie in Begleitung wahrer Stimmtöne auftreten können. Niederdrücken des Kehldeckels bewirkt etwas Vertiefung. Dasselbe fand Harless. Die Erhöhung des Tones durch stärkeres Blasen wird durch den Kehldeckel nicht verhindert. Durch Verengung des Aditus glottidis superior mittels der Zunge und des Kehldeckels wird nach Müller die Stimme nasal. Wenn endlich Töne auf dem vollständigen Respirationsorgan erzeugt wurden, so unterschieden sich diesel-

*) Harless a. a. O. S. 673 ff.
**) Harless a. a. O. S. 676.

ben kaum von den des Lebenden.*) Auch nach Harless haben die über den Stimmbändern liegenden Organe keinen erheblichen tonmodificirenden Einfluss. Berührung der Ventrikelwände während des Tönens war ganz erfolglos. Auch die obere Stimmritze scheint nach Harless (etwas groben) Versuchen ohne wesentlichen Einfluss auf die Tonhöhe zu sein: seine künstlich über (oder anstatt?) der oberen Glottis angebrachte Spalte erhöhte den Ton etwas, wenn sie bei tiefer Tonlage noch bis auf 2 Mm. Durchmesser erweitert war. Je höher der Ton, desto enger musste die Spalte sein, wenn sie nur etwas erhöhen sollte. Mund- und Nasenrohr hat nach der Ansicht der bisherigen Forscher keinen Einfluss auf die Tonhöhe. Hierher gehört auch der 7. Versuch von Liskovius. Wenn er nach Wegnahme der Taschenbänder über das vordere oder hintere Ende der Stimmritze eine Fingerspitze hielt, doch ohne die Stimmbänder selbst zu berühren, so erhöht sich der Ton: um wie viel, wird nicht gesagt. Ich habe diesen Versuch wiederholt, aber ohne Erfolg. Was die Rohransätze anlangt, so haben diese weder nach Müller's, noch nach Harless' Versuchen einen erheblich vertiefenden Einfluss. Zuweilen wurde bei Müller der Ton um $\frac{1}{2}$ bis 1 Stufe vertieft. Freilich mag es (ich habe noch keine solchen Versuche gemacht) sehr schwer sein, ein Ansatzrohr nur einigermaassen geschickt dem Kehlkopf aufzubinden; auch wird es, was Müller nicht mit in Anschlag gebracht hat, immer zu weit ausfallen, als dass es eine systematische Tonvertiefung hervorbringen könnte. Nach Harless ist die Möglichkeit einer zum Retardiren der Schwingungen des einen Bandes hinreichenden Luftverdichtung in dessen Nähe durch die Leichtigkeit, mit welcher die ganze Umgebung der Stmbänder vibrirt, ausserordentlich viel geringer, als bei dem aus Holz oder Metall gefertigten künstlichen Apparaten. Die Differenz zwischen dem natürlichen und künstlichen Kehlkopf beruht also in dieser Hinsicht weniger auf der Verschiedenheit des Zungenmaterials, als auf der der Dichtigkeit und Elasticitätsgrösse an den die Bänder umgebenden Massen. Diese Bemerkungen, fährt Harless fort, gelten sowohl für das Register der Brusttöne, als das der Falsettöne. Jedenfalls müssen hierüber noch genauere Versuche angestellt werden. — Der Unterschied der Register dürfte wohl am Kehlkopf ebenso gut einen Unterschied in der Möglichkeit der Tonvertiefung durch Rohransätze bedingen, als an künstlichen Apparaten. Ist die von mir gegebene Theorie des 2. Fistelregisters richtig, so müssen vor allen diese Töne dem Einflusse des Ansatzrohrs unterworfen sein, dann auch das 2. und 4. Register, die andern weniger. — Ein anderer Weg, über den Einfluss des natürlichen Wind- und Ansatzrohrs ins Klarere zu kommen, wäre der, wenn man, wie es J. Müller gethan hat, am ausgeschnittenen Kehlkopf, wo derselbe mit den übrigen Theilen des Respirationsapparats in Verbindung bleibt, Töne hervorbringt. Hier liesse sich wohl ohne grosse Schwierigkeit eine Auf- und Niederbewegung des Kehlkopfs erzeugen, desgleichen einige Lumenveränderungen des natürlichen Ansatzrohrs, sowie der Luftröhre u. s. w. anbringen, und der Einfluss dieser Mechanismen erforschen. In wie weit die Beobachtungen am Lebenden über die Funktionen des Ansatzrohrs Aufschluss geben können, werden wir im folgenden Abschnitt genauer untersuchen.

f) Einige besondere tonabstufende Einflüsse. — Wenn ich während der Schwingungen das eine oder andere Stimmband mit einem senkrecht auf die

*) Müller, Physiologie II. S. 204. Ueber die Kompensation etc. S. 30 ff.

Mitte des Bandrandes aufgelegten Holzplättchen dämpfte, so dass nur das andere Band, und zwar gegen ein zum Theil festes Gegenlager schwingen konnte, so erhöhte sich der Ton etwa um 1 Stufe. In dieser Hinsicht stimmt das menschliche Organ mit den künstlichen einlippigen Apparaten ziemlich überein. — In einem andern Falle glaubte ich durch partielle Obturation der Ventrikelrinnen, wenn ich ohne die Bänder selbst in ihrem Mechanismus zu stören, ein Holzstückchen in jede derselben legte, eine, wenn auch nicht bedeutende Tonvertiefung zu erhalten. — Ein noch wichtigeres tonvertiefendes Element s. w. u. unter i). — Aliquottöne. Zuweilen erhielt Müller bei gleichbleibender Spannung der Stimmbänder statt des Grundtons einen viel höhern Ton, besonders wenn sie beim Schwingen in einem Theile ihrer Länge anstiessen. Er erklärt dies aus der Entstehung von Schwingungsknoten und will Aehnliches auch zuweilen an Kautschukbändern beobachtet haben. *) Ich habe zwar auf diesem Wege keine Knotentöne beobachtet, und halte überhaupt auch ein solches freiwilliges Anstossen der Stimmbänder in einem Theile ihrer Länge für unwahrscheinlich; wohl aber habe ich absichtlich durch Theilung der Stimmritze dergleichen Aliquottöne hervorgebracht. Wenn ich ein kurzes Holzstäbchen quer über die Stimmbänder legte, so dass es durch die Schwingungen nicht abgestossen werden konnte, so wurde der Ton, wenn der Anspruch stark genug gegeben wurde, um 1 Oktave erhöht. Dabei strich aber ein Theil der Luft unverarbeitet hindurch: die Stimmbandränder schienen also hier in der Mitte, wo das Stäbchen lag, etwas zu weit von einander zu stehen. Wurde das Stäbchen besser aufgelegt, so dass letzterer Uebelstand vermieden wurde, und der Ton ohne Lufthauchen erfolgte, da lag derselbe nur 1 Quinte über den anfänglichen Grundton, und wurde das Stäbchen dabei etwas niedergedrückt, so ertönte bei mässig starkem Anspruch gar nur die Tertie des Grundtons, welche sich jedoch leicht (bei etwas stärkerem Blasen) um 1 bis 2 Stufen erhöhte. Demnach wirkt Theilung der Stimmbänder der Länge nach, wenn Niederdruck damit verbunden ist, nicht anders, als irgend ein auf dieselben ausgeübter Druck überhaupt. Siehe das 2. Register. — Fasst man die vordere Partie der Stimmbänder mit einer Pincette und komprimirt hier, so entsteht auch ein hoher, zarter Ton, der aber gerade nicht fistelartig klingt, und offenbar nur durch Verkürzung der schwingungsfähigen Glottis gebildet worden ist.

g) Tonabnormitäten. — Abnorm kann man eigentlich kein natürliches Phänomen nennen, auch nicht, wenn es am menschlichen Stimmorgan stattfindet. Es ist eine blosse Willkürlichkeit, gewisse Tonarten abnorm zu nennen, bloss weil sie in unsere gewohnten Kategorien des ästhetisch Gesetzmässigen und den Gehörsinn angenehm afficirenden nicht passen. Vollkommen rein und schön ist überhaupt kein Tonphänomen, wir können daher nur solche Vorgänge mehr oder weniger in das Gebiet des Abnormen rechnen, welche in ungewöhnlichem Grade von der Reinheit und Ebenmässigkeit der einzelnen Elemente, welche in ihrer Sukcession den Ton bilden, abweichen. Als solche haben wir etwa folgende kennen gelernt.

1. Unreine, heisere, schnarrende Töne. Interferenzen. — Sobald die gegenseitige Lage der Stimmbänder verändert, das eine Band tiefer gestellt wird als das andere, da wird der Ton unrein, dumpf, mag die

*) Müller, Physiologie II. S. 188.

Stimmung beider Bänder eine gleiche sein oder nicht. Wenn ich in die eine Ventrikelrinne ein unten etwa 5''' breites Holzplättchen senkte und niederdrückte, so dass das Stimmband derselben Seite etwas tiefer zu stehen kam, als das andere, so wurde der Ton dumpf und merklich höher, als vorher. — Wenn ich etwas, mochte es so dünn und fein sein wie es wollte, z. B. eine feine Bistourispitze, mitten in die Glottis hineinhielt und dann dieselbe anblies, so wurde der Ton noch entschiedener heiser, schlecht und erhöhte sich gleichfalls etwas. Nach J. Müller entstehen in solchen Fällen Knotentöne, 1 Oktave höher, was ich jedoch nicht habe beobachten können, wenigstens wenn das Hinderniss nur das eine Band auf einmal trifft. Ueberhaupt fallen, wie schon früher bemerkt, alle Töne, wo rohe oder wilde Luft durch die Glottis (vocalis allein oder cartilaginea gleichzeitig) entweicht, heiser aus, ohne desshalb unrein sein zu müssen, sofern wir unter Heiserkeit eine Mischung von homogenen Tonschwingungen mit nicht stehenden Luftwellen oder nicht schwingenden Luftmassen, unter Unreinheit dagegen eine Mischung heterogener Tonwellen (Wellen von ungleicher Zeitdauer) verstehen. — Es kam bei meinen Versuchen ferner häufig vor, dass das eine Band scheinbar gar nicht oder nach Art des 5. Registers (Falset) schwang, während das andere volle Exkursionen machte. In solchen Fällen erschien der Ton zuweilen rauh, dumpf, heiser oder schnarrend, als ob ein Interferenzton mitgehört würde, zuweilen aber auch rein und ungetrübt; jedenfalls verlor er bedeutend am Klange. Die Tonstufe blieb hier in der Regel unverändert. Die meisten Unreinheiten des Tones treten hervor, wenn die Bänder mittels der Pincette zusammengeschoben werden, weil es hier nur selten vorkommt, dass die Spannungs- und Elasticitätsverhältnisse beiderseits völlig übereinstimmen. In andern Fällen rührten die Interferenzen (gleichzeitiges Auftreten von zweierlei verschiedenen Schwingungsarten in der Glottis) offenbar von Schlägen her, welche die exkurrirenden Stimmbänder gegen die Taschenbänder führten; häufiger aber schien es, als ob die einzelnen Bänderzonen unter sich beim Schwingen in Konflikt traten. Wenn bei gleichbleibender Bänderdisposition anfangs durch schwaches Blasen ein Falsetton (4. Register) erschien, und nun der Anspruch verstärkt wurde, so klang der jetzt auftretende Vollton sehr oft eine Zeit lang unrein, interferirt, weil eine Mixtur von beiderlei Schwingungen (der obern und untern Zone zusammen) stattfand. Nach einigem Blasen verliert sich gewöhnlich eine solche Unreinheit, und der Ton wird bloss durch den Mechanismus des 1. Registers gebildet.

2. Schreiende, pfeifende Töne. Umschlagen des Tones. — Nach meinen Beobachtungen und Versuchen haben wir hier zweierlei Zustände und Vorgänge zu unterscheiden. Entweder sind die Stimmbänder in normaler, für volle Exkursionen geschickter Disposition, sie schwingen bei mässigem Luftanspruch auf die gewöhnliche Art; sobald aber derselbe zu sehr verstärkt wird, ohne dass gleichzeitig das Lumen der Glottis durch seitlichen Druck auf die Bänder verringert wird, dann werden die Bänderwellen überwunden, d. h. die Randzonen der Bänder schlagen sich durch zu weit gehende Exkursion um, und können nicht wieder rekurriren; dafür wird die zweite Zone der Bänder durch den Seitendruck und die Reibung des Luftstroms in eine Falte aufgeworfen, welche aber wegen der zu grossen Weite der Glottis keine Gegen- oder aufschlagende Schwingungen auf die des andern Bandes, sondern nur durchschlagende machen kann: gleich-

zeitig wird die eingeengte Luftsäule selbst in stehende Schwingungen versetzt und es erfolgt das Phänomen, was man, wenn es rasch vorüber geht, das Um- oder Ueberschlagen der Stimme nennt. Der Ton wird erheblich, von einer Tertie bis zu einer Oktave, höher, gewöhnlich auch etwas matt und klangarm; die Schwingungssphäre wird bedeutend schmäler, und es bleibt deutlich eine offene Ritze in der Mitte frei. Der Luftdruck lässt nun entweder wieder nach, die ausgedehnten Glottiswände nähern sich einander wieder, und es hängt nun von den sonstigen Verhältnissen zwischen Bänder- und Lufttension ab, ob der Ton im Falset- oder im Grundregister fortfahren soll. Bleibt aber die Masse und der Druck der Luftsäule auf dem vorhandenen Grade, so schlägt die Stimme nicht wieder zurück, sondern fährt mit dem einmal eingeleiteten Mechanismus fort, sie wird schreiend, und bleibt es, bis der Luftstrom sich wieder in ein anderes Verhältniss zur Bänderspannung und Glottisweite setzt. Bei den Pfeiftönen des Kehlkopfs findet so ziemlich das umgekehrte Verhältniss statt. Hier sind die Glottiswände so starr und angespannt, dass sie vom durchstreichenden Luftstrome nicht mehr in stehende Wellenbewegung, wie sie für Zungentöne erforderlich ist, versetzt werden können. Dergleichen Töne beobachtete schon Müller, wenn er den Längenzug der Stimmbänder behufs der Tonerhöhung bis auf die äusserste Grenze gesteigert hatte; während die von ihm bei geringern Spannungsgraden beobachteten Töne, wenn sich die Stimmbänder in aliquoten Theilen ihrer Länge beim Schwingen berührten, wohl mehr den schreienden Tönen beizurechnen sein dürften. Manche der hierher zu rechnenden Töne dürften nach dem Mechanismus unseres 4. Registers gebildet worden sein. Bei den wirklichen Pfeiftönen des Kehlkopfs hängt der Ton zunächst von den in der Glottis gebildeten stehenden Schwingungen der Luftsäule ab: ihr Mechanismus weicht von dem der gewöhnlichen Pfeifapparate im Wesentlichen nicht ab.

h) Einfluss der Dimensionen der Bänder überhaupt. Von den Dimensionen der Bänder hängt zunächst der Stimmumfang oder die Stimmlage des Kehlkopfs ab, namentlich hat die Längendimension darauf grossen Einfluss. Nach Harless' Messungen sind die Stimmbänder von Mädchen und Knaben von 10—14 Jahren vor der Mutation etwa 10 Millimet. ($4\frac{1}{2}'''$) lang, bei Weibern $13_{,4}$ ($6'''$), bei Männern $17_{,5}$ ($8'''$), bei alten Weibern $14_{,7}$, bei Greisen $18_{,5}$ Millimet. im Mittel. Diese Bänder können durch die betreffenden Muskelkräfte bis zu einem vom mechanischen Effekt der Muskeln und den den Dehnungsgraden entsprechenden Elasticitätsmaassen abhängigen Grade verringert und vergrössert, und dadurch die Unterschiede in den Stimmlagen mehr oder weniger verwischt werden. Durch die Thätigkeit des M. cricoarytaenoid. lateralis lässt sich ferner der Querdurchschnitt des ganzen Bandes (nicht des Bandrandes) verkleinern, durch die des M. thyreoarytaen. vergrössern. Im erstern Falle steigt, in letzterem sinkt der Ton, hier mehr, als die Vergrösserung des Querdurchschnitts allein erwarten liesse, weil der (longitudinale) Elasticitätsmodulus des kontrahirten Muskels kleiner ist, als der des unthätigen. Die Dimension der Dicke variirt nach Kontraktion der Muskeln und Wechsel der spannenden Kräfte, im Körper wie im Rande der Bänder.*) Die drei Dimensionen stehen aber bei Kehl-

*) A. a. O. S. 597 ff.

köpfen verschiedenes Alters nicht in gleichem Verhältniss. Bei kleinen Kindern steht die Dimension der Breite und Dicke in einem grössern Verhältniss zu der der Länge, als in spätern Jahren. Daher kommt es, dass kleine Kinder bei ungleich kürzern Bändern doch so ziemlich dieselbe mittlere Stimmlage zeigen, als kurz vor der Pubertät. Im hohen Alter findet das umgekehrte Verhältniss statt: hier werden die Stimmbänder länger, weil sie an Dicke abnehmen (atrophisch werden), damit die frühere Stimmlage erhalten bleibe.

i) Einfluss der Kontraktion der Stimmmuskeln. Hierüber hat Harless*) Versuche angestellt, die, wenn sie sich bestätigen, zu den wichtigsten gehören unter allen, welche er in seiner Schrift aufgeführt hat. Er hat nämlich durch Experimente mit noch irritabeln Muskeln, welche er auf galvanischem Wege in plötzlichen Kontraktionszustand versetzte, nachgewiesen, dass Töne, welche er an solchen zungenartig vorgerichteten Muskeln hervorbrachte, dadurch um eine Tertie bis Quarte tiefer werden. Bei diesem Versuch, zu welchem Harless durch Weber's Entdeckung, dass die Muskeln während ihrer Thätigkeit ausdehnsamer, weniger elastisch werden, veranlasst worden war, muss man verhüten, dass der Muskelrand, welcher vom Luftstrom zunächst getroffen wird, trocken und reizlos werde, sonst wird der Ton, indem nur dieser trockne Rand schwingt, höher (fistelartig). Diese Versuche scheinen zu beweisen, dass bei Kontraktion des M. thyreo-arytaenoid. der Ton vertieft wird, wenn der ganze Stimmbandkörper schwingt, dagegen höher oder fistelartig, wenn dabei nur der elastische Rand schwingt. Im erstern Falle dürfen die an den Enden wirkenden Zugkräfte nicht zu gross sein, damit eben der Muskel noch in Mitschwingung gerathen kann. Entweder werden dadurch die Stimmbandenden einander näher gerückt, das Band also verkürzt, oder die äussern spannenden Kräfte verhindern dies, und es erfolgt eine solche Verkürzung nicht. Da nun die Kontraktion des Muskels bei gleichbleibender Bandlänge für sich schon den Ton erniedrigt, so muss er noch tiefer werden, wenn Verkürzung und Kontraktion zusammen wirken, und höher, wenn das Band verkürzt bleibt, der Muskel aber zu arbeiten aufhört. Ebenso wird bei starkgespanntem Rande der Ton höher werden, wenn sich der Muskel hinter ihm kontrahirt; es kann also bei gleicher Verlängerung des Stimmbands der Ton höher oder tiefer werden, je nach den Kontraktionszuständen des Stimmbandmuskels.

Freilich hat Harless bei Ziehung dieser Schlussfolgerungen die gegenseitige Einwirkung beider Mm. thyreo-arytaenoidei nicht in Anschlag gebracht, namentlich den Druck übersehen, welchen die beiden Muskeln in ihrem Kontraktionszustande dem Luftdruck entgegensetzen, so wie die Verengung, welche dabei die Glottis erleidet. Ferner hat er ausser Acht gelassen, dass eine kürzere Zunge caet. par. einen höhern Ton giebt, als eine längere, endlich hat er sehr willkürlich den trocken gewordenen Muskelrand mit dem elastischen Rand des Stimmbands identificirt. Jedenfalls ist aber seine Entdeckung von Werth, und wird bei unsern künftigen Untersuchungen Berücksichtigung finden.

k) Einfluss der resonirenden (konsonirenden) Umgebung.**) An sich ist jeder Ton, wenigstens jeder Zungenton, matt und klanglos:

*) Harless a. a. O. S. 685.
**) Vergl. besonders Harless a. a. O. S. 687 ff.

erst durch die Resonanz (Konsonanz, s. S. 279) erhält er mehr oder weniger Klang. Unter Resonanz versteht man die Wiederholung der primären Schwingungen des tönenden Körpers in einem schallleitungsfähigen Medium, das hierdurch eben zum mitklingenden oder resonirenden (konsonirenden) wird. Ein resonirender Körper kann, wenn er klein und sonst zu stehenden Schwingungen geschickt ist, den Ton verstärken, dabei aber durch seine Dimensionen und Elasticität die Höhe des Tones nicht abändern: nur der selbsttönende (primär schwingende) Körper bestimmt durch seine Zustände (wenigstens in dem schallleitenden Medium) seine Tonhöhe. Die die Zunge umgebende begrenzte Luft (z. B. die der Morgagni'schen Ventrikel) kann den Ton ebenso gut resoniren, als die anstossenden festen Theile, den sich von den fixirten Zungenrändern deren Schwingungen leicht mittheilen. Die Güte der Resonanz hängt von der innern Beschaffenheit, besonders der Elasticität, des resonirenden Körpers ab. Am besten resoniren Stoffe, welche am leichtesten die Schwingungen des tönenden Körpers aufnehmen, die durch Form und Umgebung am wenigsten am Mitschwingen gehindert werden, und durch Reflexion der Wellen an ihrer Begrenzung in stehende Wellen gerathen können. Wird ein solcher Körper an diesen Stellen durch Berührung unelastischer Stoffe gehindert, so resonirt er nicht mehr so gut. Darauf beruht die Dämpfung. S. auch S. 281. 289. Die Resonanzfiguren zeigen positiv, die Dämpfung negativ die Mitschwingungen an. Wenn solche Mitschwingungen, wie es am Kehlkopf die Regel ist, den Ton nicht mit bestimmen, so können sie nur das Timbre, nicht die Schwingungszahl des Tones ändern. Aus der Erfahrung, dass man in der Nähe eines Eisengitters eine Peitsche nicht zum hellen Knall, sondern nur zu einem Zischen bringen kann, schliesst Harless, dass nicht die ganze Summe der mit dem tönenden Körper in Mitschwingung gerathenden Theile genau dieselbe Schwingungsmenge, wie dieser, zu zeigen braucht, sondern dass gleichzeitige Schwingungen, auch wenn sie an sich nicht toneindrückend wirken können, doch den Gehöreindruck, den ein mit ihnen auftretender und sie hervorrufender Ton macht, steigern können. Baudrimont schliesst aus derselben Beobachtung, dass ein Schall von hinreichender Stärke nicht nur von den direkt vom tönenden Körper zum Ohr fortschreitenden Wellen gebildet werde, sondern vom ganzen in Schwingungen überhaupt versetzten Luftkreis, und von einer Reihe von Reflexen und Verstärkungen, die ihn um so nachhaltiger erscheinen lassen, je grösser die in Schwingung versetzten Luftmassen sind.

Die Klänge der Zungen an sich hängen von der Art der Zungen, ihres respektiven Gegenlagers, Rahmens u. s. w. ab. Die Klänge der künstlichen sowohl als auch natürlichen Stimmbänder sind um so reiner, je weniger ihre Ränder bei den Schwingungen sich berühren, je weniger also aufschlagende Schwingungen sich beimischen. Die Strohbasstöne klingen daher rauh und rasselnd, weil sie zunächst durch Schwingungen letzterer Art zu Stande kommen. — Bei gewisser Spannung und geringster Windstärke erzeugte Töne sind voll und rein, bei geringer Spannung und grosser Windstärke erzeugte sind kreischend, d. h. mit umschlagenden Schwingungen vermischt; bei beliebiger Spannung und Windstärke mit Aenderung der Windrichtung sind die Töne um so sonorer, je weniger Windstärke nöthig ist. Harless sucht den Grund darin, dass die Folgen ungleicher Elasticität in den einzelnen Zungentheilen und die Schwankungen der Windstärke in diesen Fällen die ge-

ringsten Effekte, also auch die am wenigsten bemerkbaren Beimischungen anderer, den eigentlichen Ton nicht bestimmender Schwingungen mit sich bringen. An den natürlichen Bändern machen sich diese Verhältnisse geltender, als an den künstlichen, weil durch Variirung des Winddrucks auch die Dehnungsgrade der Bänder sehr variirt werden.

Ferner ist der Klang von den Mitschwingungen der umgebenden festen Theile abhängig. Was zunächst die Luftröhre anlangt, so vermag nach Harless' Versuchen deren Gewebe durch stärkere Spannung die Schallwellen der von ihr eingeschlossenen Luft gut zu reflektiren und so der Luft unmittelbar einen verstärkten Schall zu übergeben. Bei geringern Spannungsgraden erzittern fühlbar die Luftröhrenwände und die damit in Verbindung stehenden festen Theile, die dann den Ton besser leiten können, als der Luft. Je schwächer die Spannung der Bänder, um so näher liegt diese dem äussersten Grade der möglichen Abspannung der Luftröhre, desto leichter können auch die Schwingungen dieser jenen ähnlich oder gleich werden, und so die Summe der analog schwingenden Theile wachsen. Grössere Grade der Luftröhrendehnung beschränken mehr die Gleichartigkeit oder Aehnlichkeit der Zungen- und Luftröhrenschwingungen, und trotz der gesteigerten Fähigkeit, die Wellen zu reflektiren, nimmt die Wirkung der Schallwellen auf die umgebende Luft im Ganzen ab*). Bei starker Spannung der Zungen und schlaffer Luftröhre ist sowohl die unmittelbare Theilnahme der Luftröhre an der Beschleunigung der Zungenschwingungen als auch das Reflexionsvermögen der laxen Röhrenwandung gering. Steigt die Spannung dieser, so wird jenes Vermögen auch gesteigert, wenn auch die Luftröhrenwandschwingungen nicht so geschwind werden, wie die sehr gespannter kurzer Zungen. Jedenfalls erhält die Luft bei gedehnter Luftröhre einen stärkern Schall, als bei laxer. Die Schwingungen der starr werdenden Luftröhre werden aber geringer, und mit den Graden der Dehnung muss der in den festen anhängenden Körpern fortgeleitete Schall an Stärke abnehmen, weil bei der grossen Elasticität aller den Stimmbändern adnexen Theile ausser der Güte der Leitung longitudinaler Schallwellen auch sehr das Vermögen derselben, mit den Stimmbändern mehr oder weniger in transversale Schwingungen zu gerathen, in Betracht kommt. Ferner folgt aus Harless' Versuchen, dass die mit den Stimmbändern verbundenen Theile, schon die Luftröhre, Einfluss auf den Klang hat. Daher scheinen alle tieferen Töne aus der Brust zu kommen, die höhern dagegen aus dem Munde. Denn bei tiefern Tönen gerathen die erschlafften elastischen Theile mit in Vibrationen, ja der ganze Thorax schwingt mit, und so entsteht die den tiefen Tönen eigene bebende Resonanz. Bei den hohen Tönen mit allgemeiner Spannung des ganzen elastischen Systems verwandelt sich dieses weniger in eine vibrirende, als vielmehr reflektirende Masse, wo die Töne durch Vergrösserung der Luftwellenexkursionen intensiver werden und aus kürzerer Entfernung zu kommen scheinen: koncentrirte Resonanz. Natürlich machen die so verschiedenartig gebauten Nachbartheile nicht gleiche Vibrationen mit den Stimmbändern; es gesellt sich also dem Eindruck der Stimmbandschwingung (dem Tone) eine Summe von Schwingungen bei, die den Klang vermitteln. Dieser Klang ist nach den vorzugsweise betheiligten Organen ein verschiedener. An der Brust ist derselbe durch das Stethoskop besser, als in der Luft hörbar. Bei den hohen

*) Harless, S. 694.

Tönen mit gespanntem elastischen System wird der Klang zunächst vom Stimmband selbst bestimmt, und die dabei auftretende Resonanz verstärkt ihn; das Klare und Eindringliche herrscht hier vor, dort mehr das Volle und Erschütternde. Bei den tiefen Tönen kommt es mehr aufs Material an, bei den hohen mehr auf den Bau und die Form der Begrenzungsflächen*).

Anhang: Töne der Mundlippen.

Es wird nicht unangemessen sein, bevor wir zur Untersuchung der dem Auge grossentheils entzogenen Tonphänomene des lebenden Stimmorgans übergehen, die auf und mittels der Lippen des menschlichen Mundes erzeugbaren Tonphänomene einer genauern Betrachtung und Untersuchung zu unterwerfen; einmal weil diese Organe es vorzugsweise sind, durch welche die Messingblasinstrumente und die Flöten intonirt werden, sodann weil sie, behufs dieser Intonirungen, so wie des gewöhnlichen Lippenpfeifens, bald als Zungen-, bald als Lufttoninstrument fungirend, in mancher Beziehung eine Vergleichung mit den zur Tonbildung wesentlichen Organen des Kehlkopfs zulassen, und daher wohl auch aus dem Studium dieser, dem Auge nicht minder als dem Ohre zugänglichen Phänomene ein Nutzen für unsere fernern Untersuchungen erwartet werden kann.

Die Lippen sind, wie wir im anatomischen Theile dieses Werkes (S. 245) gesehen haben, weiche, saftige, an Blutgefässen, Fett- und Drüsengewebe reiche Organe, welche man zwar nicht eigentlich den elastischen, wohl aber einigermaassen den erektilen oder schwellbaren Gebilden beizählen kann, und welche, besonders ihr innerer Rand oder Streif, mit welchem die eine der andern aufliegt, wenn sie angespannt werden, sich in schnell einander sukcedirende Schwingungen versetzen lassen. Bei den verschiedenen, hier möglichen Dispositionen lassen sich zweierlei Töne mittels der Lippen erzeugen: durch das Pfeifen oder durch Luftschwingungen, und durch Zungenschwingungen der Randzone der mehr oder weniger gegen einander gedrückten Lippen, die wir auf Grund der anatomischen Beschaffenheit der Organe als Fluido-Solidarschwingungen bezeichen müssen.

1) Das Pfeifen. Ueber diese Art von Tonerzeugung haben bisher die Physiologen und Akustiker ein ziemlich tiefes Stillschweigen beobachtet, wenigstens sind die bisher von van Kempelen, Muncke und Savart gemachten Versuche einer wissenschaftlichen Erklärung des Pfeifens nicht sehr glücklich ausgefallen. Gleichwohl ist die Lösung der Frage nach der nächsten, wesentlichen Ursache des Pfeifens ein wichtiger Gegenstand für die Anthropophonik, weshalb es eine unabweisliche Aufgabe für uns ist, über diesen Punkt zu möglich vollkommener Klarheit zu kommen.

Die äussern Bedingungen des Pfeifens sind weltbekannt. Man pfeift auf verschiedene Art: während der Exspiration, und zwar entweder mit rinnenförmig vorgedrückter, oder mit zurückgezogener Zunge; ferner während der Inspiration. Ausserdem kann man auch durch Mitwirkung der Finger oder anderer Mittel verschiedene, meist sehr gellende Pfeiftöne auf den Lippen hervorbringen.

a. Die gewöhnlichste, leichteste und geläufigste Art zu pfeifen besteht darin, dass man die Kinnladen mässig von einander entfernt, die Lippen in ihrer Längendimension verkürzt, wulstet und so zusammenzieht, dass sie

*) Harless S. 695.

eine kleine dreieckige, nach unten abgerundete Oeffnung zwischen sich lassen, dass man ferner gleichzeitig die Zungenspitze gegen die innere Fläche der untern mittlern Schneidezähne stemmt, die beiderseits von der Spitze liegenden Randpartien der Zunge gegen die Lippen andrückt, den Zungenrücken nach oben und gegen den zwischen den Zähnen gelassenen Raum



Fig. 149.

sattelförmig vorwärts wölbt, so dass nur ein enger, rinnenförmiger Kanal vom harten Gaumen an bis zur Lippenöffnung übrig bleibt, und durch diesen Kanal die von hinten und an den Seiten zugeführte Luft so treibt, dass sie in der kleinen, von den Lippen frei gelassenen Oeffnung stark verdichtet, gebrochen und dadurch in stehende Schwingungen versetzt wird. Nach van Kempelen, der übrigens das Pfeifen zu den Funktionen der Zunge rechnet, ist die Grundbedingung des Pfeifens das Durchströmen der Luft durch zwei einander gegenüberstehende Oeffnungen, nämlich den von der Zunge begrenzten Raum zwischen den Zähnen und der Lippenöffnung, welche durch eine seitliche Ausbeugung oder Zwischenkammer, den Raum zwischen den Zähnen und den Lippen, von einander getrennt sind. Kempelen liess sich zu diesem Behufe eine runde Büchse aus Messingblech von der Form einer dicken bikonkaven Linse verfertigen, in deren beide konkaven Seitenwände in der Mitte ein kleines Loch gebohrt war. Figur 150 stellt einen durch beide Oeffnungen gehenden Durchschnitt einer solchen Büchse dar. Man kann jedoch die

Sache weit einfacher haben, wenn man, wie wir es bei unsern frühern Versuchen (vergl. S. 305) gethan haben, in einen etwa 1″ im Durchmesser haltenden Eichelkelch in der Mitte ein kleines Loch bohrt, denselben mit seiner Konkavität an die Lippen drückt und nun mit einer kleinen Mundöffnung anbläst. Strömt nun durch die Oeffnung *a*, die der Zahnöffnung entsprechen soll, Luft ein, so geht sie nicht ungeschmälert durch *b* (die Lippenöffnung) wieder heraus, sondern beugt und verbreitet sich zuvor zum grossen Theil in dem Raume *cc* (dem zwischen Zähnen und Lippen befindlichen Raume), verdichtet dessen Luft einigermaassen, erregt neue Wellen darin, bricht sich dann an den Rändern von *b*, wodurch die Wellen von Neuem sich kreuzen und interferiren, und so entsteht, wie wir bereits früher nachgewiesen haben, ein Pfeifton.

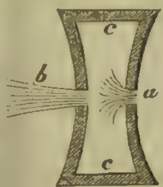


Fig. 150.

Die Lippen verhalten sich bei diesem Vorgange nur in so weit aktiv, als sie die Oeffnung behufs der geforderten Tonstufe verengen oder erweitern, überhaupt auf dem richtigen Umfange erhalten müssen. Dagegen sind die Schwingungen oder Erschütterungen, die man an dem vom Luftstrom getroffenen Lippenrändern wahrnimmt, nur ein passiver Vorgang, Mitbewegungen oder Mitschwingungen, die zur Tonbildung oder Tonabstufung nichts beitragen. Die Unterlippe bildet gleichsam eine Rinne, deren Richtung schief von aussen und vorn nach innen und unten geht, und die sich nach letzterer Richtung hin verbreitert. Ueberhaupt ist es nöthig, dass dieser mittlere Theil der Unterlippe, welcher eben die gedachte Rinne bildet, etwas von den Schneidezähnen des Unterkiefers absteht, denn sobald man die Unterlippe gegen diese Zähne andrückt, ist kein Pfeifton mehr möglich. Die Erhöhung des Tones geschieht, jedoch nur für die höchsten Töne, durch Verengerung der Mundöffnung und des Zungengaumenkanals, nach Kempelen auch durch Verkürzung des letztern: ausserdem verlängern sich dabei die Prolabia etwas, die Oberlippe wölbt sich etwas mehr nach vorn, die Backen treiben sich auf. Bei der stufenweisen Vertiefung der Lippentöne erweitert sich die Mundöffnung, doch nicht nothwendig, die Mundwinkel rücken allmälig ein wenig näher, die Prolabia werden etwas mehr gefaltet, die Zunge entfernt sich allmälig von den Oberzähnen und dem harten Gaumen, der ganze Mund zieht sich etwas zurück, und die Mundhöhlenluft treibt endlich bei den tiefsten Tönen die Backen nicht mehr nach aussen, sondern wird mehr auf die eigentliche Mundhöhle koncentrirt. Der Ton erhöht sich ferner, wenn man die Lippen oberhalb des Wulstes, besonders die Oberlippe, etwas einwärts drückt oder die Mundwinkel auseinander zieht.

b. Ausser dieser gewöhnlichen Art des Pfeifens, welches ich das hohe oder Sopranregister desselben nenne, lassen sich noch eine Reihe tieferer Töne auf den Lippen produciren, deren Mechanismus von dem eben beschriebenen sehr abweicht. Dieses tiefe oder Tenorregister geht etwa von c^3 bis b^1 herab, die Lippenöffnung ist dabei im Allgemeinen grösser, als beim hohen Register, die Form derselben ist fast so, wie bei Pronuncirung des Vokals U; dabei zeigt sie das Sonderbare, dass sie bei dem tiefsten möglichen Tone verhältnissmässig am kleinsten, beim höchsten möglichen Tone am weitesten ist, während beim Sopranregister so ziemlich das Umgekehrte stattfindet. Dieses Register fängt bereits bei a^2 oder g^2 an, besitzt also die tiefsten Töne mit dem Tenorregister gemeinschaftlich, und geht

bis f^4, bei geübten Pfeifern noch um einige Stufen höher*), umfasst also etwa 2 Oktaven, während das Tenorregister, bei mir wenigstens, nur 1 volle Oktave besitzt. Bei letzterem Register sind die Lippen zusammen- und zurückgezogen, die Randzonen stehen mehr einwärts gekehrt, die ganzen Lippen liegen weniger fest aufeinander, und sind mehr rund und wulstig: beim Sopranregister treten die Lippen mehr hervor, ziehen sich etwas in

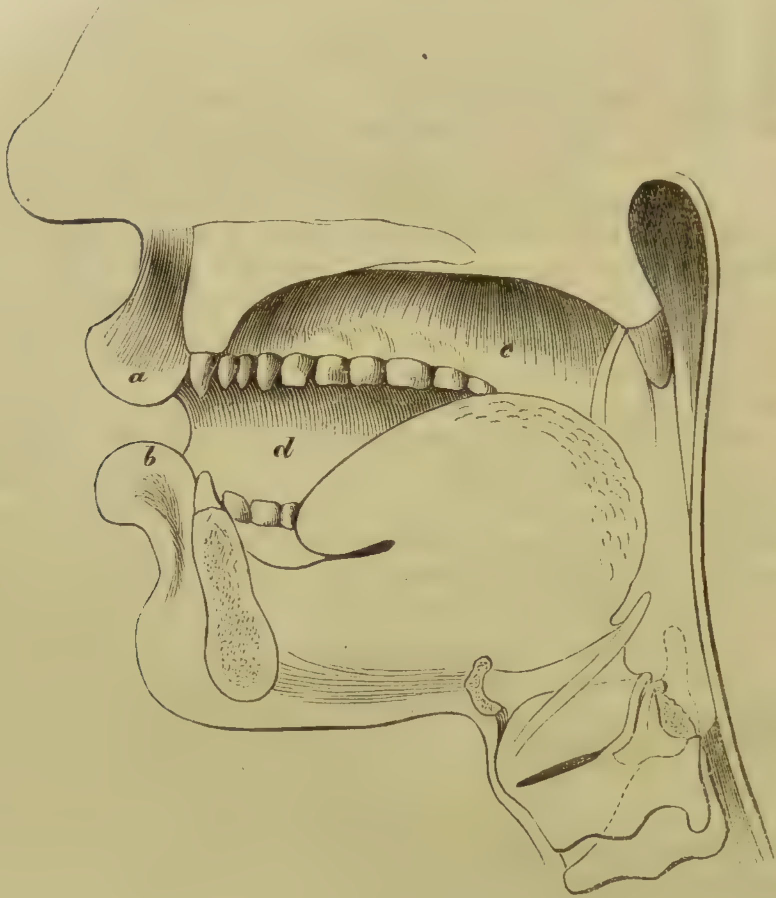


Fig. 151.

die Breite, die Mundwinkel werden herabgezogen, die Lippenränder treten hervor. Der Hauptunterschied beider Register besteht aber darin, dass beim Tenorregister die Zunge nicht, wie beim Sopranregister, vorwärts gerichtet und mit der Spitze an die Unterzähne gedrückt ist, sondern zurückgezogen, aber fest in einer mittlern Stellung gehalten wird. Bei der Tonvertiefung bewegt sich der Unterkiefer sammt dem Grunde der Mundhöhle, also auch sammt der Zunge, in entsprechendem Grade abwärts; die Luft der Mundhöhle, welche zum Pfeifen verwendet wird, scheint sich also in demselben Verhältniss zu verdünnen, in welchem sich die Töne vertiefen. Der Uebergang aus dem Sopran- ins Tenorregister und umgekehrt kann ebenso wenig unmerklich oder ohne alle Schwierigkeit geschehen, wie der aus einem Stimmregister des Kehlkopfs in das andere; es können nicht mit einer und derselben Mundexspiration zwei Töne, von denen der obere dem Sopran-, der untere

*) Nach Brewer (Sound and its phenomena, London 1854. S. 235.) gehen die Pfeiftöne von e^2 bis c^5.

dem Tenorregister angehört, *legato* angegeben werden, sondern es muss beim Eintritt des neuen Registers abgesetzt werden, eine kleine Unterbrechung des Luftstroms eintreten, bei welcher die Zunge beziehendlich zurück oder vorwärts geschoben wird. Das Timbre der Tenorpfeiftöne ist im Vergleich mit dem der Soprantöne matt oder metallarm, und es gehört sehr viel Luft dazu, um sie einigermaassen klangreich zu intoniren.

c. Aber nicht nur bei der Exspiration, auch bei der Inspiration kann man Pfeiftöne zwischen den Lippen erzeugen, und zwar sowohl auf dem Sopran- als auf dem Tenorregister. Lippen- und Zungenstellung bleibt sich dabei gleich, auch der Unterkiefer wird nicht verrückt. Aber die von der Luft getroffenen Lippenpartien, namentlich der Oberlippe, ziehen sich dabei einwärts, anstatt dass sie bei den Exspirationstönen auswärts getrieben werden, und dadurch wird die Mundöffnung caet. par. vergrössert. Es bilden sich auf dem [meinen] Oberlippenwulst zwei Furchen, durch welche die ganze Lippe in drei Theile getheilt wird, und die Mundöffnung gleichsam eine pyramidenförmige Gestalt annimmt. Angedeutet sind diese Furchen zwar bei jeder Wulstung der Lippen, doch treten sie nirgends mehr hervor, als bei dieser Art der Intonirung. Der Umfang der bei der Inspiration erzeugbaren Pfeiftöne ist wegen der Unmöglichkeit, die Luft in gleichem Grade, wie bei der Exspiration, zu verdichten, um einige Stufen sowohl nach der Höhe als nach der Tiefe geringer. Die Grenze zwischen Sopran- und Tenorregister liegt auf derselben Tonstufe, wie bei der Exspiration. Vergl. Muncke in Gehlers phys. Wörterbuch VIII., 383.



Fig. 152.

Ueber den Mechanismus des Lippenpfeifens ist man bis jetzt noch sehr im Unklaren gewesen. Kempelen nimmt, wie wir gesehen, als nothwendige Bedingung einen Windkessel an, in welchem die durch eine kleine Oeffnung eingeführte Luft komprimirt, und in diesem Zustande durch die Ausflussmündung entweichend zum Tönen gebracht wird. Die Zunge wird dabei um so mehr, je tiefer der Ton fallen soll, zurückgezogen, um den Windkessel zu erweitern. Savart vergleicht die menschlichen Pfeiftöne mit den Tönen der Lockpfeifen, deren sich die Jäger bedienen, um verschiedene Vogelstimmen nachzuahmen. Die Stösse entstehen hier dadurch, dass die Luft abwechselnd sich verdünnt und zu der Dichtigkeit der umgebenden Atmosphäre zurückkehrt. J. Müller nimmt nach Cagniard-la Tour an, dass in Folge des Reibens der Luft an den Rändern der Mundöffnung das Pfeifen hervorgebracht werde. Noch andere, namentlich Muncke, wollen gar das Pfeifen durch wirkliche Zungenschwingungen der Lippenränder entstehen lassen. Alle diese Erklärungen genügen nicht oder sind geradezu irrig. Ein der hohlen zweifach durchbohrten Büchse Kempelen's oder der Jägerpfeife Savart's analoger Raum ist beim Lippenpfeifen, wenigstens in dem Sinne, wie diese Forscher sich vorstellen, gar nicht vorhanden, namentlich beim Tenorregister nicht. Das Reiben der Luft an den Wänden der Lippenöffnung ist allerdings nicht abzuleugnen, aber man sieht nicht ein, warum dann diese Wände feucht sind, da jedenfalls an einer trocknen Fläche eine stärkere Reibung möglich ist, und ausserdem ist das Reiben bei jeder Schallbildung immer nur etwas Zufälliges, nichts Wesentliches. Was endlich das zungenartige Schwingen der getroffenen Lippenpartien anlangt,

so widerspricht dieser Ansicht, wie auch Müller bemerkt, schon der Umstand, dass man die Lippenränder mit Papier u. dgl. bedecken kann, ohne dass das Pfeifen dadurch aufgehoben wird. Wahrscheinlich schlossen die Anhänger dieser Ansicht a parte ad totum, weil sie vielleicht einmal erfahren hatten, dass die Lippen wirklich Zungenschwingungen, von welchen wir im nächsten Kapitel sprechen wollen, zu machen fähig sind.

Ich habe, zunächst um den Mechanismus des Lippenpfeifens zu erforschen, eine ziemlich umfängliche und verschieden modificirte Reihe von Versuchen angestellt, welche in diesem Werke den ersten Abschnitt der akustischen Vorarbeiten bilden. S. S. 300 ff. Es ist daselbst ein Versuch gemacht worden, die mechanischen Gesetze aufzufinden und zu entwickeln, nach welchen die Pfeiftöne gebildet werden. Nach diesen Untersuchungen würden Lippenpfeiftöne zwischen die Kesselpfeiftöne und die gefassten Lochtöne zu stellen sein, und zwar würde das Sopranregister mehr der ersten, das Tenorregister mehr der andern Art der Pfeif- oder Lufttöne entsprechen. Die Aehnlichkeit des Lippendurchschnitts in beiden Figuren (149. 151) mit den Durchschnitten der am besten ansprechenden Obturatoren (s. Fig. 95. 98) lässt sich unmöglich verkennen. Ebenso lässt sich der Mundkanal *cc* wohl ziemlich ungezwungen mit dem Windrohr der Obturatorapparate vergleichen. Auch beim Sopranregister scheinen die Lippen mehr als Obturator, als als einfaches Schallloch eines Kesselpfeiforgans zu wirken, obwohl der Raum *c* einigermaassen als Windkessel fungiren kann, wenn man nicht vorzieht, die hintere zwischen Zunge und dem obern Schneidezahn (bei *a*) liegende Verengung mit einem zweiten Obturator zu vergleichen. Jedenfalls sind die Grundbedingungen des Lippenpfeifens durch meine Versuche so ziemlich erforscht. Vergl. besonders S. 341. Die Modifikationen der Lippenpfeiftöne nach Schwingungszahl, Stärke, Intensität u. s. w. geschehen durch die Bewegungen der Lippen gegen einander, und durch die der Zunge nach vorn und oben. Beim Sopranregister hat die Modificirung des Raums *c* Fig. 149 mehr Einfluss auf die Tonabstufung, als die des Abstands beider Lippen von einander; beim Tenorregister scheint die Weite der Lippenöffnung sowohl zur Schwingungszahl, als auch zur Tension der Luftsäule in geradem Verhältniss zu stehen. Die sekundären Vibrationen der getroffenen Schalllochwände tragen zur Erzeugung des Timbre's der Töne bei, ohne die Schwingungszahl zu verändern.

2) Zungentöne der Lippen. Die zweite Art der Tonerzeugung mittels der Mundlippen beruht auf dem Blasen eines dünnen Luftstroms zwischen die platt aneinander gelegten Lippenränder hindurch. Hier stellen die Lippen ein wahres Zungeninstrument vor. Von der Existenz dieser Töne wird sich wohl Jeder überzeugt haben, der einmal ein Kohlenfeuer oder sonst etwas mit seinem Munde angeblasen und dabei zufällig seine Lippenränder etwas zu eng einander genähert hat. Ueberhaupt geräth jedesmal, wenn man beide Lippen mehr oder weniger fest zusammenlegt, und einen Luftstrom durch dieselben treibt, die mittlere Partie der aufliegenden Lippenflächen in Zungenschwingungen, die um so zahlreicher ausfallen, also einen um so höhern Ton geben, je mehr die Lippen gespannt oder gegeneinander gedrückt werden. Um nur einfach einen Zungenton auf den Lippen zu erhalten, ist es ziemlich gleichviel, welche Stellung dabei die Unterlippe zur Oberlippe (wir verstehen hier immer nur den Lippenwulst, das Prolabium darunter) annimmt. Es kann die obere der untern gerade ge-

genüberstehen, oder es kann die Oberlippe weit vorgestülpt oder weit in die Mundhöhle eingezogen sein. Sie kann gespannt oder erschlafft, verdünnt oder verdickt sein. Nur muss sie eine wenigstens an der Aufschlagsstelle glatte Ebene bilden, wenn auch die übrige Lippe sonst allerhand Ungleichheiten und Unebenheiten darbietet. Die sattelförmige oder kanülartige Rinne kann dabei vorhanden sein oder nicht. Bei vielen derartigen Tonphänomenen hat die Unterlippe mit der Wellenbildung primär gar nichts zu thun, sondern bildet nur das Aufschlags- oder Gegenlager, das Polster oder die Fläche, auf welche der in Schwingungen versetzte Theil der Oberlippe aufschlägt. Diese muss daher immer eine bestimmte Form und Lage annehmen, damit die Schwingungen gehörig und in der beabsichtigten Art und Weise zu Stande kommen. Der schwingende Theil der Oberlippe ist der dem Mundspalte zunächst liegende Streif der mittlern Portion des Prolabium's. In andern Fällen gerathen jedoch beide Lippen an der vom Luftstrom am meisten getroffenen und dadurch geöffneten Partie in primäre Wellenbewegung. Ferner kommt es oft vor, dass nicht die mittlere, sondern eine seitliche Portion des Mundspalts die Tonritze bildet, in welcher die Schwingungen vor sich gehen.

Die genauere Untersuchung dieser, wie sich ergeben wird, sehr verschiedenartigen und mannichfaltigen Zungentonphänomene ist nicht nur für die Theorie der Messingblasinstrumente, sondern auch für die der menschlichen Stimme von Wichtigkeit. Bis jetzt ist noch nichts in dieser Hinsicht geleistet worden, was die Wissenschaft hätte fördern können. Freilich sind auch die hier anzustellenden Versuche nicht Jedermanns Sache, da sie viel Zeit und Geduld erfordern, da sie ferner sowohl die Lippen als auch die Lungen sehr anstrengen, besonders wenn man noch nicht hinlänglich eingeübt ist.

a. Wenn man die geschlossenen, durch mässige Einwärts- und Gegeneinanderziehung der Mundwinkel etwas verkürzten und vorwärts geschobenen Lippen so durch einen voluminösen Exspirationsstrom anbläst, dass dabei weder die Backen aufgetrieben, noch die Mundwinkelpartien losgelassen werden, also auch die behaarten Theile der Lippen grösstentheils an das Zahnfleisch gedrückt gehalten und nur die Prolabia durch den Luftdruck etwas weiter nach aussen vorgetrieben, spaltförmig von einander entfernt und an den diesen Spalt begrenzenden Zonen in schwingende Bewegung versetzt werden, so erhält man, wofern man jeden überflüssigen Zusammendruck der Lippen vermeidet, einen Zungenton, der wohl der tiefste ist, welcher überhaupt exspirando erzeugt werden kann: bei mir ist er B_1 oder A_1. Die beiden Mundwinkel bleiben hier unbeweglich in ihrer anfangs eingenommenen Lage, auch die Seitenpartien der Lippen verhalten sich indifferent und bleiben geschlossen, nur die mittlere Partie schwingt in einer grössern oder kleinern Länge nach Art der gegenschlagenden Zungen. Der Lippenspalt öffnet und schliesst sich abwechselnd in einer Länge von (für obigen Ton) etwa 8''' und in einer mittlern Weite von etwa 1''' bis $1\frac{1}{2}$'''. Wegen der Dauer des Gesichtseindrucks erblickt man auch hier gleichzeitig die Lippe geöffnet und geschlossen. S. Fig. 153. Bei jeder Schwingung kommen sich die bewegten Lippenpartien im 1. Moment einander entgegen, schlagen im 2. Moment gegen einander und entfernen sich im 3. Moment wieder ebenso weit von einander. Das Schlagen ist mit einem kurzen Geräusch begleitet, die einzelnen Geräusche summiren sich zu einem Tone, der um so tiefer ist, je

weniger solcher Schwingungsvorgänge in einer gewissen Zeit erfolgen. Wegen der schwachen Elasticität des Lippengewebes kommen die einzelnen Schwingungen nicht nur durch Verdrängung der schwingenden Zonen mittels Seitendrucks, sondern auch durch Vorschiebung oder Austreibung dieser Partien zu Stande, wie der ideale Durchschnitt Fig. 154. versinnlichen wird. Beim gewöhnlichen, ruhigen Blasen geräth nur die mittlere Zone der Mundspaltfläche in gegenschlagende Schwingungen; denn man kann einen Papierstreifen bis zum Punkt *c* hinführen, ohne dass die Schwingungen verhindert werden. Bei starkem Blasen vergrössert oder verbreitert sich die Stimmspalte etwas, und man bemerkt, dass die ganzen Lippenwulste in Mitschwingungen gerathen, ohne dass dieselben zum Tone wesentlich sind.

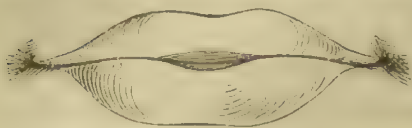


Fig 153.

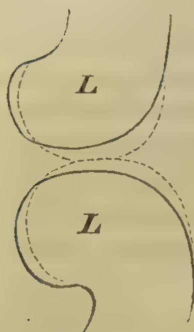


Fig. 154.

b. Von diesem tiefsten Zungentone der Lippen an lassen sich die höhern Töne auf zweierlei Wegen erzeugen.

1) Erstlich durch allmälig stärkeres Vortreiben oder Vorstülpen der Prolabia mit gleichzeitiger, jedoch geringer Austreibung (nur nicht Abtreibnng vom Unterkiefer) der Mundwinkel und allmäliger Hebung des ganzen Mundes. Der Lippentheil des Vorhofs der Mundhöhle ist geschlossen, d. h. durch Anziehung der Lippenpfeiler gegen die Kiefer bis auf Null verengt. Dabei ist aller Gegendruck der Lippen und jede wurmförmige Zusammenziehung der Lippen zu vermeiden. Der Luftstrom bleibt, wie bei allen Zungentönen der Lippen, die ohne künstliche Beihülfe erzeugt werden, durch Anziehung der Mundwinkel gegen die Alveolarfortsätze und Zähne in einer solchen Direktion, dass er konvergirend die mittlere Partie der Lippen treffen muss. Sobald er bei losgelassenen Mundwinkeln und aufgeblasenen Backen die ganze Länge der Lippen mit gleicher Tension trifft, ist kein Zungenton auf den Lippen mehr möglich, nur unkontrolirbare, bald in der, bald in jener (meist seitlichen) Partie des Lippenspalts sich bildende Geräusche, wobei meist durch die Mitte des Mundspalts eine Quantität nicht tönender Luft ausfährt, lassen sich dann noch hervorbringen. Mittels des eben angegebenen Mechanismus lässt sich eine Reihe von Tönen hervorbringen, die (bei mir) von A_1 bis a geht, also gerade zwei Oktaven umfasst. Die Stimmritze, welche hier immer in der Mitte liegt, wird dabei mit wachsender Tonhöhe immer kleiner, bis sie endlich auf dem höchsten Tone bis auf die Länge von kaum 1''' reducirt ist. Alle diese Töne sind nur piano, bei schwacher Luftgebung zu erhalten, nur die tiefsten lassen sich einigermaassen schnellen, aber je höher der Ton, desto schwächer und kleiner fällt er aus. Wir wollen diese Tonreihe das W u l s t r e g i s t e r der Lippentöne nennen. Die Tonabstufung geschieht hier offenbar nur durch Modificirung der Länge der Stimmritze. Die verschiedenen Formen, welche die Lippen dabei annehmen, hängen jedenfalls von dem Bestreben ab, die bestimmte Lippenöffnung während des Luftgebens zu behalten. Man kann die Töne dieses Registers bei nach hinten offener oder bei abgeschlossener Mundhöhle produciren. Im erstern Falle wird der ganze Exspirationsstrom sukcessiv durch die Lippenöffnung geblasen, der Ton kann also hier so lange gehalten werden, als dieser Strom dauert; im

zweiten Falle kann nur die auf einmal in der Mundhöhle befindliche Luftquantität zur Intonation verwendet werden, der Ton wird also nur kurze Zeit dauern, da nach Erschöpfung jenes Luftquantums die Mundhöhle von Neuem durch Herabziehen des Mundhöhlengrundes und Kehlkopfs, nebst Einwärtsziehen der Backen voll Luft gesaugt werden muss, um das Tonphänomen fortsetzen zu können; auch geschieht die rüsselförmige Vortreibung und Hebung der Lippenwülste hier in rascherem Tempo, als im ersteren Falle, so wie auch die Töne sich bei dieser Mundintonation nicht so gut halten lassen und des normalen Klanges entbehren. — Die Schwingungssphäre erstreckt sich nicht über die ganze Mundöffnung, nur die obere Lippenzone schwingt in der Regel vollständig oder in ganzer Länge, die untere meist nur in der Mitte. Oder die Schwingungen finden nur in der Mitte der Lippenöffnung statt, wie in Fig. 155, *a b*. Diese Schwingungen sind gegen- und aufschlagende, und zwar dergestalt, dass in der Mitte oder an zwei Stellen die beiderseitigen Schwingungen bei der Exkursion sich nicht berühren, sondern ein Zwischenraum zwischen denselben bleibt, der von der Schwingungssphäre nicht ausgefüllt erscheint, während zu beiden Seiten desselben ein Aufschlagen der beiden Lippenränder, jedoch nur in geringer Ausdehnung statt finden zu scheint. Diese aufschlagenden Schwingungen unterscheiden sich aber von den bald zu erwähnenden des sogenannten Strohbassregisters dadurch, dass die betheiligten Glottiszonen durch Gegendruck nicht ihre Elasticität verloren haben, also nicht als unelastische Körper auf einander aufschlagen, sondern dass sie noch mit dem Turgor des ganzen Lippenwulstkörpers begabt von dem Luftstrom in geringer Ausdehnung auseinander gedrängt werden und durch ihren elastischen Turgor die entstandene Spalte recurrendo wieder schliessen. Es sind Fluido-Solidarschwingungen, während bei den Strohbassschwingungen durch den Druck der beiden Glottiszonen gegeneinander das fluidare Element zum grossen Theil verdrängt worden ist.

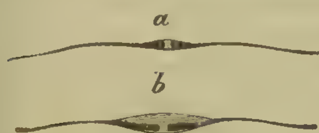


Fig. 155.

2) Eine zweite ganz andere Art der Erzeugung der höhern Lippentöne ist die mittels Längenspannung und Gegendrucks der Lippen, also durch einen dem vorigen so ziemlich entgegen gesetzten Mechanismus. Man zieht hier die Mundwinkel um so weiter von einander, als man den Ton erhöhen will. Die Lippenränder liegen mehr oder weniger hart auf und werden um so mehr an- und eingezogen, je höher der Ton steigen soll. Sie werden, wie beim vorigen Register, entweder von der durch die blosse Kontraktion der Backenmuskeln komprimirte Luft der Mundhöhle, oder durch die mittels Kontraktion der Exspirations-, besonders der Bauchmuskeln, bewegte Luft der Lungen intonirt. Im ersteren Falle wird durch Kontraktion des M. glossopalatinus und styloglossus die Zunge gegen den weichen Gaumen gezogen und dadurch die Mundhöhle nach hinten geschlossen; der lufterfüllte Raum der Mundhöhle wird durch Hebung des Grundes (mittels Kontraktion der Mm. genio- und mylohyoidei, stylohyoidei, biventres, Masseteres u. s. w.), ferner durch Kontraktion der Backenwand in 2 Richtungen mittels des Buccinator und Retraktion der Mundwinkel mittels der Zygomatici und vordern Bündel des Buccinator verengt, dadurch die Luft komprimirt und nach vorn getrieben, wo sie gegen die Wandung der Oberlippe, so weit es die dagegen wirkende Spannung des Prolabiums erlaubt, andrückt und sie austreibt,

während sie auf die vom Levator menti stark aufwärts geschobene und umgestülpte Unterlippe weniger einwirken kann. Der Zweck dieser Kompression der Mundluft ist aber, die fest an einander gedrückten Lippen zu durchbrechen, und beim Ausfahren die getroffenen Ränder in tonfähige Schwingungen zu versetzen, die freilich nur so lange andauern können, als die Verkürzbarkeit der betheiligten Muskeln und die Grösse der Geschwindigkeit der ausströmenden Luft gestattet. Im zweiten Falle verhalten sich die Lippen- und Backenmuskeln ziemlich ebenso, wie vorhin, aber die Mundhöhle ist hinten offen, ihre Basis ist nicht gehoben, die Exspirationsluft wird bei durch Hebung des weichen Gaumens abgesperrter Nasenhöhle mittels der Bauchmuskeln in die Mundhöhle gedrängt, aus welcher sie durch die komprimirten Lippen, wie im vorigen Falle zu entweichen strebt. — Es hält hier sehr schwer, eine einzige, tonfähige Stimmritze zu bilden, und zu verhindern, dass nicht zwischen den übrigen Partien der Lippenspalte sich noch eine oder mehrere andere Stimmritzen oder vielmehr schwingende Zonen bilden, deren jede nun nach Maassgabe ihrer Länge und Spannung ihren eigenen Ton giebt. In der Mitte des Mundspaltes ist die Spannung in der Regel verhältnissmässig stärker, als nach den Seiten zu, daher auch die durch seitliche Stimmritzen gebildeten Töne tiefer, als die durch eine mittlere entstandenen, ausfallen. Durch einige Uebung lernte ich jedoch, auch ohne künstliche Nachhülfe (davon später), wenigstens den Umfang dieses Tonregisters, das wir Druckregister nennen wollen, kennen. Es beginnt (bei mir) ziemlich eben da, wo das Wulstregister anfängt, und lässt sich durch alle Zwischentöne bis g^2 treiben. Geübte Hornbläser dürften den Ton noch höher bringen. Namentlich lassen sich durch koncentrirte Kontraktion der Mundhöhlenwandung sehr hohe (über g^2 liegende) Stakkato-Töne erzeugen. Zusammen umfassen also die Lippen gegen 4 Oktaven, was für so kleine Organe immer ein bedeutender Umfang genannt werden kann. — Die Form der Lippenöffnung ist hier nicht, wie beim vorigen Register elliptisch oder lanzenförmig, sondern spaltförmig. In der Regel bildete sich eine ziemlich lange, sehr enge Spalte, die sich, so wie ein Ton gelang (was oft lange dauerte), gewöhnlich nur in einer ziemlich kurzen Strecke behufs der Tonschwingungen schloss, während die Luft durch die offenbleibenden Partien dieser Spalte mit einem, einen höhern Ton (und zwar Pfeifton) anstrebenden Zischen oder Sausen herausfuhr. Wir kommen auf diese Tonphänomene später zurück. An den Seitentheilen der Mundspalte bildeten sich gewöhnlich längere Vibrationszonen, die dann einen tiefern Ton gaben, als die kürzern in der Mitte sich bildenden. Meist waren die sich bildenden Töne dieses Registers mit Tönen des dritten Registers verunreinigt. Je höher der Ton caet. par. steigt, desto schmäler und komprimirter werden die Lippen, die dabei einwärts gezogen werden: es findet also in dieser Hinsicht gerade das Umgekehrte des vorigen Registers statt. — Man kann seine Lippen, die für gewöhnlich ziemlich widerspänstig sind und dergleichen Töne nicht gutwillig geben wollen, dadurch zum Anspruch geschickt machen, dass man sie mit einer nicht zu schnell trocknenden, gehörig benetzten Seife reibt, und damit förmlich einschmiert. Die Falten werden dadurch verstrichen, die Papillen schwellen an, überhaupt der nöthige Turgor oder die Kompressionselasticität wird hergestellt. Dabei müssen die schwingenden Lippenzonen immer feucht oder geschmeidig erhalten werden, wenn sie richtig ansprechen sollen. Man erreicht dies am leichtesten durch Bestreichen mit etwas

Mandelöl. Drückt man nun noch mit den Fingern die Mundwinkel etwas auseinander, so erhält man die nöthige Spannung der Lippen ziemlich leicht, und vermag Töne des in Rede stehenden Registers besser zu erzeugen und länger zu halten und zu beobachten, als ohne die erwähnte Vorbereitung. Anfangs erhält man gewöhnlich nur Tonschwingungen in den seitlichen Partien des sich bildenden Spaltes, weil man denselben noch nicht hinlänglich zu verkürzen vermag, wobei dessen mittlere Portion sich indifferent verhält und die Luft unverändert durchströmen lässt; bei einiger Uebung lernt man aber auch eine gute, mittlere Stimmritze, etwa von 6—8''' Länge, erzeugen, die in ganzer Ausdehnung schwingt. Man beobachtet dann etwa Folgendes. Die Stimmritze wird von zwei glatten, straffen, cylindrisch abgerundeten Wülsten (Glottiszonen) gebildet, die keine membranartig verdünnten freien Ränder zeigen dürfen; diese Glottiszone ist immer nur ein aliquoter Theil des ganzen Prolabiums. Diese beiden Zonen weichen nun bei angemessenem Luftdurchtritt etwas von einander, und gerathen in gute, gleichförmige, einen reinen, wenn auch wenig klingenden Ton gebende Schwingungen, die zwischen den durch- und gegenschlagenden in der Mitte stehen, wobei die Glottiszonen fast nur auseinander und gegeneinander sich bewegen, und nur wenig nach aus- und einwärts getrieben werden. Eine merkliche Verdünnung oder membranartige Austreibung und Umbiegung der Zonen findet dabei nicht statt. Die Tonstufe hängt von der Länge der Stimmritze, vom Grad der Längenspannung, des Gegendrucks oder dem seitlichen Elasticitätsmodulus der Lippen und von der Ausflussgeschwindigkeit des ansprechenden Luftstroms ab. Die Längenspannung ist meist eine ziemlich gleichbleibende Grösse, steht wenigstens nicht zur Höhe des Tons in einem bestimmten Verhältniss, mehr gilt dies von den andern Momenten. Uebrigens lässt sich bei dieser regulären Erzeugungsmethode der Schwingungen der Ton nicht leicht über die eingestrichene Oktave treiben.

c) Wenn man die Längenspannung der Lippen absichtlich vermeidet oder den Gegendruck derselben so vermehrt, dass die Längenspannung, auch wenn noch einige vorhanden ist, nicht mehr zur Geltung kommen kann, und die Lippen in dieser Disposition intonirt, so erhält man a u f s c h l a g e n d e Schwingungen, deren Töne den des S t r o h b a s s r e g i s t e r s des menschlichen Kehlkopfs ähnlich sind. Hier verliert die Glottiszone der Oberlippe ihre wulstige Abrundung, Glätte und Renitenz, wird vom Luftstrome membranartig ausgetrieben, von der Unterlippe abgehoben, und schlägt dann recurrendo auf letztere mit einem hörbaren Geräusche auf, das Geräusch wiederholt sich bei jedem der folgenden Aufschläge, und es summirt sich nun aus diesen Geräuschen ein Ton, der beträchtlich tiefer liegt, als der caet. paribus (wenigstens similibus) durch gegenschlagende Schwingungen erhaltene Ton. Der Hauptunterschied dieser Schwingungen von den des vorigen Registers besteht also darin, dass nur d i e e i n e Glottiszone wesentlich thätig ist, nämlich die obere, welche ventilartig vom Luftdruck im 1. Moment abgehoben wird, und im 2. ganz mechanisch auf die Unterlippe, die sich dabei sehr passiv verhält, niederschlägt. Hier erstrecken sich die Schwingungsbewegungen nicht über die aufschlagende Zone hinaus: von einer vibrirenden Bewegung oder Mitbewegung der übrigen Lippenpartien ist nichts zu erkennen. Von den Tönen des Wulstregisters unter-

Fig. 156.

scheiden sich diese Strohbasstöne dadurch, dass hier die Aufschläge durch Gegendruck erzeugt werden und eine verhältnissmässig grössere Glottiszone in Bewegung gesetzt wird, ferner dass die Wulstregistertöne mehr Erhöhung zulassen, als diese. Die Tonstufenbestimmung ist hier sehr schwierig, da diese Töne eigentlich sehr wenig Tonartiges haben, wenn sie nicht durch einen Resonanzapparat verstärkt werden. Sie haben keinen grossen Umfang, und liegen meist nur in der Contra- und grossen Oktave. Die Intonirung kann sowohl mittels der blossen Mundhöhlenluft, als auch mit voller Exspiration geschehen. Uebrigens sind diese Töne sehr leicht, ohne irgend eine Vorbereitung der Lippen zu erhalten, und interferiren oft mit den des vorigen Registers, wenn man die zu letztern gehörige Spannung verliert. Sonst lassen sich diese Töne auch als untere Grenze der vorigen Register ansehen, ebenso wie der Strohbass als weitere Vertiefung der Brusttöne.

d) Lippentöne mit Hülfe eines Mundstücks erzeugt. Alle die bisher auf den Lippen erhaltenen Zungentöne waren meist nur mit einiger, viele nur mit grosser Schwierigkeit zu erzeugen, und klangen dabei nicht sonderlich. Die Hauptschwierigkeit nämlich, welche hier hinderlich im Wege steht, ist, die Lippen durch blosse Muskelanstrengung gehörig zu fixiren und ihr übermässiges Vorspringen zu beschränken, namentlich aber die Endpunkte der respektiven Stimmritze, die ja bekanntlich meist nur einen kleinen Theil der gesammten Lippenspalte ausmacht, nur einigermaassen befriedigend zu befestigen. Allen diesen Uebelständen wird auf eine auffallende Weise abgeholfen, wenn man einen festen Ring oder sonst eine mit einem kreisförmigen oder elliptischen Rand versehene Vorrichtung, kurz, ein Mundstück in der Art der Messingblasinstrumente an die Lippen so hält und drückt, dass der mittlere Theil der Lippen beiderseits, sowie oben und unten fixirt ohne innere Schwierigkeit oder äusseres Hinderniss durch den angetriebenen Luftstrom völlig so, wie eine gutgefasste membranöse Doppelzunge intonirt werden kann.

Die folgenden Versuche stellte ich mittels Metallringen oder kurzen Metall-, Holz- und Glascylindern, von welchen letztere mit trichterförmig ausgeweiteter Mundöffnung versehen waren, mittels kleiner Glastrichter, mittels der Stürze eines Stethoskops, endlich auch mit wirklichen Mundstücken von Waldhörnern und Trompeten an, welchen nach Umständen Ansatzrohre von verschiedener Länge angefügt wurden.

Ein solches Mundstück darf, um einen guten Ton erscheinen zu lassen, nicht viel mehr, als etwa $^2/_3$ der Länge der in ruhigem Zustande befindlichen Lippen im Durchmesser halten, und der kreisförmige oder elliptische Rand desselben muss abgestumpft sein, um nicht zu sehr in die Lippen einzuschneiden.

Die tiefen Wulsttöne lassen sich nicht leicht auf diese Art hervorbringen, da bei denselben die ganze Lippe aktiv sein muss. Es würde dazu ein Mundstück mit ovaler Oeffnung nöthig sein, dessen langer Durchmesser grösser wäre, als die ganze Länge der Lippen austrägt. Glastrichter von hinlänglicher Weite lassen sich allenfalls auf diese Art intoniren, indessen haben die hier ohne Kompression der Lippen erzeugten Töne zu wenig Reinheit, um unsere Aufmerksamkeit sonderlich in Anspruch nehmen zu können. Besser gelingen die Töne des 2. und des 3. Registers; bei kleinern Mundstücken von der Grösse der der Blechinstrumente fast nur die Töne des 2. oder Druckregisters.

Die Bestimmung des Grundtons eines Mundstücks, d. h. des Tones, den es bei völliger Abspannung der Lippen, welche bei vorhandenen Umständen möglich ist, unterliegt einigen Schwierigkeiten, da hier viel auf die Disposition der Lippen überhaupt ankommt, und da man deshalb zuweilen einen tiefern Ton erhält, als andremale. Doch gelangt man nach einiger Uebung dahin, für jede Mundstückweite einen bestimmten, mittlern Grundton zu erhalten. Hier mögen einige Beispiele zur Probe und zur Demonstrirung des Verhältnisses der Tonstufe zur Länge der schwingenden Lippenglottis angeführt werden.

Ein Mundstück von 1'' 3—4''' Weite gab den Grundton C. Dies war beiläufig die grösste Weite, die für meine Lippen, welche im ruhenden Zustand etwa 1½'' lang sind, ein Mundstück haben durfte, wenn noch ein Ton gelingen sollte.

Eins	desgl.	von	1'' 1'''	Weite	gab	den	Grundton	Es.
"	"	"	— 10'''	"	"	"	"	"	H
"	"	"	7½—8'' *)	"	"	"	"	"	c
"	"	"	— 6'''	"	"	"	"	"	e
"	"	"	— 5'''	"	"	"	"	"	h
"	"	"	— 4½'''	"	"	"	"	"	c¹

Schon diese geringe Reihe von Versuchen genügt, um zu zeigen, dass die Schwingungszahl des Grundtons der Lippenzungenschwingungen caet. parib. in umgekehrtem Verhältniss zur Länge der Glottis steht. Denn bei C war dieselbe 15—16''', bei c 7½—8''', bei c¹ 4½''' lang u. s. w. Zu bemerken ist, dass bei der verhältnissmässig so geringen Mundstückweite von 4—5''' die Lippen nur mit Schwierigkeit den der sich bildenden Glottis zukommenden Grundton bilden können, und dass die Glottislänge immer etwas kürzer angenommen werden muss, als die Weite des Mundstücks beträgt, was für enge Mundstücke verhältnissmässig mehr austrägt, als für weite.

Die grösste Fähigkeit, vom Grundtone an durch allmälig steigende Spannung höhere Töne zu erzeugen, haben die Lippen beim Gebrauche eines Mundstücks von etwa 8 bis 10''' Weite, aus welchem Grund auch diese Mensuren für die Mundstücke der meisten Messingblasinstrumente gewählt worden sind. Bei grösserer Weite lassen sich die Lippen für die höhern Töne nicht hinlänglich spannen.

Das Verhalten der Lippen selbst, wenn sie bei Gebrauch eines solchen Mundstücks intonirt werden, lässt sich leicht beobachten, wenn man statt desselben einen blossen Metallring von gleichem Durchmesser anwendet. Die Lippen drängen sich unter diesem Ringe mit ihrer mittlern Portion hervor, während die beiden seitlichen Portionen gewöhnlich, bei einem Ringdurchmesser von 1'' und darüber, erst durch einiges Aufblasen der Backen gegen die entsprechenden Segmente des Ringes getrieben werden müssen. Durch diesen Druck werden die Prolabia, so weit sie gefasst sind, prall und glatt, und bilden bei der Luftgebung eine Stimmritze, die auch bei dem Grundton noch bei Weitem nicht so lang ist, als der Durchmesser des Mundstücks oder die disponibele Mundspalte lang ist, so wie es überhaupt bei Abstufung dieser Lippentöne weniger auf die Länge der Glottis, als auf den Gegendruck der beiden Lippen ankommt. Die Schwingungen selbst unterscheiden sich nicht wesentlich von den oben erwähnten des 2. oder Druckregisters, d. h. bei allen hier von mir beobachteten Tönen wurde die ganze sich bildende Lippenöffnung von der Schwingungssphäre, an welcher die Unter-

---

*) Ein gewöhnliches Hornmundstück. Dieser Ton war aber nicht der tiefstmögliche: s. S. 468.

lippe ebenso wie die Oberlippe Theil hat, erfüllt. Zu wahren Strohbassaufschlägen kommt es selten, sie bilden dann mehr den Einsatz eines Schwingungsvorganges, lassen sich aber als solche nicht halten. Beim Hornblasen dürfen wir jedoch nicht ganz von ihnen absehen, da sie oft Interferenzen bilden.

Wenn nun das Mundstück sich in einen Cylinder fortsetzt, dessen Wandungen von der Mundöffnung an entweder gleichweit von einander abstehend bleiben oder nicht sehr — wir werden diese Grösse bald näher bestimmen — konvergiren, so bleibt der angegebene Ton, sofern dieser Cylinder, oder (was gleichviel ist) dieses Ansatzrohr eine gewisse (s. w. u.) Länge nicht überschreitet, unverändert, nur der Klang ändert sich in der bekannten Weise. Dagegen vertieft sich der erzeugte Ton, mag es der tiefste oder Grundton sein, oder ein durch Lippenspannung bereits erhöhter, ebenso wie bei den Kautschukapparaten, sowohl durch Dackung (Stopfung) als auch durch Verlängerung des Ansatzrohrs.

1. Dackung oder Stopfung. Schon ein blosses Mundstück ohne eigentliches Ansatzrohr vertieft den Grundton, wenn es sich trichterförmig bis zu einer so engen Ausflussöffnung verengt, dass diese die phonische Mundöffnung oder die sich während der Schwingungen bildende Glottis, wenigstens wenn sie behufs eines Crescendo sich erweitert, an Weite hinter sich lässt. Unter diesen Umständen wird nämlich die Luft im Mundstücke, weil sie nicht sofort vollständig entweichen kann, verdichtet und dadurch die Schwingungen retardirt. Folgende Experimente gehören hierher.

Ein kleiner Glastrichter, oben 1″ 3‴ weit, sich allmälig in der hier gewöhnlichen Weise nach Erreichung einer Länge von etwa 2″ bis auf 2‴ verengend und mit diesem Lumen noch in einen Cylinder von etwa 7—8‴ Länge sich fortsetzend, giebt piano angeblasen den Grundton C. Denselben Ton geben die Lippen, wenn ich ihnen einen einfachen Ring von gleichem Durchmesser vorsetze. Vermehre ich aber durch stärkeres Blasen die phonische Glottisweite, so vertieft sich bei Anwendung jenes Glastrichters der der Ton allmälig bis auf F_1, also um 4 Töne oder um 1 Quinte.

Ein Metallring von 1″ 1‴ Durchmesser giebt den Grundton Es. Ein Porzellanpfeifenkopf von gleicher Apertur, der bei einer Länge von 3″ 4‴ in einen Kanal von $1^3/_4$‴ Weite übergeht, giebt piano angeblasen denselben Grundton, der crescendo sich bis auf B_1 vertieft.

Der Schmalz'sche Ohrspiegel von $11^1/_2$‴ Aperturdurchmesser und 2‴ Ausflussöffnung giebt ebenso die Töne F—D, welcher letztere Ton sich noch bis auf B_1 vertieft, wenn ich die untere Oeffnung durch Vorlegung einer Fingerspitze verengere oder dacke.

Das Hornmundstück von $7^1/_2$‴ Apertur giebt den Grundton H, der sich durch Dackung bis F erniedrigt.

Das Louis'sche Stethoskop am Pavillon (16‴) angeblasen giebt den Grundton Es, der sich crescendo nicht vertieft, weil das Ansatzrohr entweder nicht eng ($3^1/_2$‴) oder nicht lang (9″) genug ist. Sobald ich aber die untere Mündung des Kanals stopfe (dacke), soweit als noch zur Tonbildung statthaft ist, fällt der Ton crescendo bis auf As_1.

Tiefer, als um 1 Quinte, habe ich auf diesem Wege noch keinen Lippenton erniedrigen können.

Das Timbre eines so vertieften Grundtons ist schlecht, grob, dumpf: über den dabei stattfindenden Lippenmechanismus werden wir weiter unten noch etwas bemerken.

2. Ansatzrohre, ungedackte. Wir operiren hier wieder zunächst mit dem tiefsten oder dem Grundton, und benutzen als Mundstück zuerst ein

Hornmundstück von $7\frac{1}{2}$''' Anspruchsweite, welches isolirt angeblasen den Grundton c — H giebt. — Mit einem Ansatzrohre von 5'' Länge und einer die untere Apertur des Mundstücks wenig übertreffenden Weite versehen bleibt der Grundton ziemlich unverändert. Eins dergl. von 10'' Länge vertieft den Grundton auf B, eins von 15'' auf As, eins von 20'' auf F. Weiter liess sich die Vertiefung nicht treiben: dieser Ton blieb der tiefste, mochten soviel Rohre angesetzt werden, als ich wollte, bis zu einer Länge von $8\frac{1}{2}$ Ellen: nie kam der Ton tiefer, höchstens schwankte er zuweilen nach E. Aber er sprang auch nicht zurück, auf keiner Stufe der Verlängerung. Hierdurch unterscheiden sich die Zungentöne der Lippen allerdings von den sonst in gleicher Weise intonirten Kautschukbändern, und zwar für die musikale Verwendung der Metallröhren zum grossen Vortheil. Die grösste Vertiefung, deren der mittels eines Mundstücks von $7\frac{1}{2}$ bis 8''' Durchmesser erhaltene tiefste Lippenzungenton fähig ist, beträgt also eine Quinte, also genau ebenso viel, als derselbe durch Dacknng oder Stopfung vertieft wird. Der Ohrspiegel, der isolirt den Grundton D (crescendo) giebt, verhält sich etwas anders, weil hier schon in der engen Ausflussmündung eine Vertiefung zu Stande kam. Erst ein Rohr von 15 — 20'' Länge vertiefte den Ton um $\frac{1}{2}$ Stufe (Des), welcher Ton durch Verlängerung bis auf 3 — 4' nicht tiefer wurde. Wenn aber das Mundstück ins volle A-Horn gesteckt wurde, so erschien der Grundton A_1, mit einem eigenthümlichen, unangenehmen Timbre. Noch weniger wurde der mit dem Glastrichtermundstück von 15''' Anspruchsweite erhaltene Grundton C, crescendo F_1, durch Rohransätze vertieft. Es schien mit der bereits durch die Luftkompression im Ausflusskanal gesetzten und bereits 1 Quinte betragenden Vertiefung hier sein Bewenden zu haben. Ins volle A-Horn gesetzt gab dies Mundstück bei möglichst abgespannten Lippen den Ton E_1, der freilich an sich sehr tief, aber doch nur $\frac{1}{2}$ Stufe tiefer ist, als der ohne alles Ansatzrohr erhaltene Grundton. — Mit einem Glascylinder von 4'' Länge, 11''' Anspruchsweite und 7''' Ausflussöffnung erhielt ich als tiefsten Ton B, welcher wohl schon wegen des vorhandenen Ansatzrohrs als etwas vertieft anzusehen ist. Dieser Ton wurde, wenn ich die Röhre in den Trichter eines Stethoskops oder in den eben erwähnten Glastrichter setzte, auf Fis—F vertieft. Also wiederum eine Vertiefung von etwa 1 Quinte, da wir den Grundton des idealen Mundstücks wohl auf c setzen dürfen. Wir erkennen in diesem Verhalten der Lippenzungentöne einen zweiten Unterschied von den Kautschukbändertönen, welche sich durch Ansatzrohre bis auf 1 Oktave, unter Umständen noch weiter vertiefen lassen.

Betrachten wir diese Vertiefungsphänomene genauer, so können wir uns der Ansicht nicht erwehren, dass sie eigentlich gar keine Vertiefungen des primär auf dem Mundstück erzeugten Grundtons zu nennen sind, sondern vielmehr Erweiterungen der Fähigkeit der Lippen, Zungenschwingungen, und zwar langsamere, zu erzeugen. Wir haben bereits an den Kautschukbändern ähnliche Erfahrungen gemacht, wo auch Zustände vorkamen, bei welchen erst mittels Ansatzrohrs ein Ton überhaupt erhalten werden konnte. Wenn das Mundstück sich bis auf einen so engen Kanal zusammenzieht, dass darin eine Verdichtung der eingeführten Luftsäule entstehen muss, oder wenn an das nur mässig sich verengende Mundstück ein hinlänglich enges Ansatzrohr angefügt wird, das so lang ist, um durch Bildung eines Longitudinalwellenzugs eine Verdichtung der Luftsäule darin zu erzeugen, so wirkt

diese Verdichtung auf die der Glottis zunächst liegende Luftschicht so zurück, dass dieselbe befähigt wird, auch unter Umständen, wo sie, vor freier Luft angeblasen, nicht mehr in Transversalschwingungen versetzt werden könnte, dergleichen Schwingungen, die dann eine grössere Exkursionsweite und eine geringere Schnelligkeit haben, zu erzeugen. Zieht man während eines solchen tiefern Tones das Ansatzrohr allmälig ab, oder entgleitet es zufällig, so gelingt dann dieser Ton nicht mehr, man muss die Lippen enger aneinander fügen, um den vorigen (höhern) Ton wieder zu erhalten.

Aber wir haben noch eines andern Mittels zu gedenken, den Grundton oder tiefsten Ton, den reine Lippenzungenschwingungen mittels eines aufgesetzten Mundstücks erzeugen, noch weiter zu vertiefen, als es selbst durch die eben erwähnten Mittel möglich ist. Dieses neue Mittel ist die Zunge, welche den Lippen zu Hülfe kommt. Schon ohne Beihülfe eines Mundstücks vermag man mittels der Lippen Töne, wenigstens tonartige Phänomene, und zwar mit weit weniger Anstrengung und Unsicherheit zu erzeugen, wenn man die in der Mitte etwas vertiefte Zungenspitze zwischen die beiden Lippen, und zwar zunächst gegen die Unterlippe drückt, während die Seitenzonen der vordern Zungenportion sich gegen die entsprechenden Partien der Oberlippe in gewölbter Lage anlegen, und wenn man nun in dieser Lage, mit diesem Hülfsmittel, die Lippen in Transversalschwingungen versetzt. Der Luftstrom geht hier, mehr oder weniger eingeengt, zwischen dem Rücken der vordern Zungenportion und der mittlern Zone der Oberlippe gegen den Mundspalt, in welchem sich eine Glottis bildet, deren obere Wand vom Wulst der Oberlippe, deren untere Wand von dem der Unterlippe und von der Zungenspitze gebildet zu werden scheint. Jedenfalls wird letztere dabei in einer gewissen Ausdehnung mit in Schwingungen versetzt. (Ob dieselben aber nur mit den der Unterlippe oder auch mit den der Oberlippe kollidiren, darüber habe ich bis jetzt noch zu keiner Gewissheit kommen können.) Namentlich lassen sich die Töne des Wulstregisters (mit Ausnahme der höchsten) sehr leicht mit diesem „Zungentimbre" erzeugen; sie erhalten dadurch etwas Sprudelndes, Zischendes, Unreines. Aber auch die Druckregistertöne lassen diese Beiwirkung der Zunge, schon ohne Anwendung eines Mundstücks, zu, nur ist dazu erst eine gewisse Einübung nöthig. Man erlangt dadurch den Vortheil, die mittlere Partie der Lippen besser zur Glottisbildung zu disponiren, und Strohbasstöne zu vermeiden. Ebenso leicht oder noch leichter lässt sich dieser Zungenmechanismus mit dem Schwingungsvorgange der Lippen verbinden, wenn ein Mundstück angewandt wird. Aber auch hier gelingen nur die tiefern Töne auf diesem Wege, ausserdem freilich auch, was uns hier zunächst liegt, mehrere Töne, die tiefer gehen, als mit blosser Lippenmechanik möglich ist. Mit dem Metallring von 13''' Weite erhielt ich einen Umfang von C bis g, während ich ohne Mitwirkung der Zunge den Umfang von Es — f^1 erzielte. Noch ersichtlicher ist der Einfluss der Zunge bei Anwendung ordentlicher Mundstücke, sowohl ohne, als mit Ansatzrohr. So gelange ich auf dem Ohrspiegel mit diesem Mittel bis As_1, also tiefer, als selbst durch möglichst weit getriebene Dackung; auf dem Hornmundstück bis D, also 1 Tertie tiefer, als durch letzteres Mittel u. s. w. Beim Hornblasen wird von der Zunge als Unterstützungsmittel der Lippen in zweierlei Weise Gebrauch gemacht, einmal um die tiefsten Töne auf dem C-Horn und Contra B-Horn zu erzielen; sodann um, was wir hier nur nebenbei erwähnen wollen, die Töne überhaupt Staccato

zu erzeugen: es wird hier durch Vorlegung der Zungenspitze die Stimmritze geschlossen, worauf sie nach erfolgtem Toneinsatz zurückgezogen wird. Aus diesem Grunde sind die tiefsten Töne des Horns, welche die kontinuirliche Beihülfe der Zunge erfordern, gar nicht Staccato erzeugbar. Dasselbe gilt jedenfalls auch von den übrigen, mit den Lippen zu intonirenden Blasinstrumenten; bis jetzt habe ich jedoch nur mit dem Waldhorn und der Trompete experimentirt. Bei letzterer scheint der Tonvertiefung auch noch die grosse Verengung zwischen der becherförmigen Aushöhlung und dem Cylinder des Mundstücks zu Hülfe zu kommen.

Gehen wir nun zur Erhöhung des Grundtons und überhaupt zu dem ganzen Bereich der mittels eines zweckmässigen Mundstücks auf den Lippen zu erzielenden Zungentöne über, so können wir hier etwa Folgendes beobachten.

1. Der Tonbereich, die Anzahl von Tönen, die mittels eines Mundstücks durch Lippenzungenschwingungen *) erhalten werden können, ist im Allgemeinen dieselbe, mag das Mundstück gross oder klein sein; bei mir beträgt sie etwa 3 Oktaven, aber die Stimmlage wechselt nach der Mensur des Mundstücks, dergestalt, dass bei weiter Mensur die Skala tiefer anfängt und tiefer aufhört, als bei enger. So erzeuge ich

mittels des 15''' weiten Mundstücks die Skala $F_1 — g^1$,
" " 11''' " " " " " $B_1 — c^2$,
" " $7\frac{1}{2}$''' " " " " " $H — g^2$.

Geübte Hornbläser vermögen jedoch bekanntlich mittels des letztern, oder eines noch etwas engern Mundstücks bis c^3 zu gelangen, wenigstens wenn dasselbe am vollen kleinen C-Horne steckt, doch ist dies, wie wir bald zeigen werden, nicht unbedingt dazu nöthig.

2. Demnach hängt die Tonlage eines Messingblasinstruments zunächst nicht von der Länge seines Rohrs, sondern von der Mensur seines Mundstücks ab. Vergl. S. 469, ausserdem w. u. No. 6.

3. Die Erhöhung des Tones geschieht durch angemessene Kompression der Lippen, wodurch die schwingenden Portionen der Lippen sowohl in ihrer Längendimension, als auch in ihrer Breitendimension beschränkt und ihr Elasticitätsmodulus erhöht wird. Die höchsten Töne werden daher auch leichter dadurch erhalten, dass man das Mundstück etwas tiefer den Lippen aufsetzt, also das obere Segment des Mundstückrandes der Mundspalte mehr nähert, als sonst nöthig ist. Dadurch wird die Glottiszone der Oberlippe stärker nach innen und unten gedrückt, und die Spannung derselben höher gebracht.

4. Ueberschreitet die Mensur des Mundstücks zwei Drittel der Länge der Lippen, so werden die höhern Töne unrein, weil die Mundspalte zu lang ist, um für hohe Töne eine gute solitäre, mit geradlinigen Rändern schwingende Glottis zu erzeugen. Selbst durch Rohransätze wird das Timbre hier nicht gebessert. Aus diesem Grunde werden so grosse Mundstücke zu musikalem Zwecke nicht verwendet.

5. Dergleichen sogenannte Unreinheiten treten aber auch bei Anwendung kleiner Mundstücke auf, besonders wenn man die hohen und höchsten Töne erzeugen will, und noch keine grosse Uebung darin erlangt hat. Bei

---

*) Man verstehe diesen Ausdruck jetzt nicht falsch: die Zunge (des Mundes) ist dabei nicht gemeint.

genauerem Nachgehen dieser Phänomene gelangte ich zu der Ansicht, dass überhaupt diese hohen und höchsten Töne, beim Hornmundstück etwa von h oder c¹ an, durch einen andern Mechanismus erzeugt werden, als die tiefern, und dass jene Unreinheiten, die sich denselben (den hohen Tönen) so oft beimischen, als Interferenzen zu betrachten sind, hervorgerufen durch gleichzeitige Schwingungen einzelner kurzer Lippenpartien mit dem den tiefern Tönen angehörigen Mechanismus. Freilich gelangen mir jene hohen und höchsten Töne mit einem blossen Metallring nur unvollkommen, wohl aber bei Anwesenheit eines, wenn auch kurzen, wenigstens etwas konisch sich verengenden Ansatzrohrs, wie z. B. das Hornmundstück eins darstellt. Wenn es mir daher auch noch nicht gelungen ist, das Verhalten der Lippen dabei genauer zu beobachten, so kann ich doch schon soviel als fast gewiss behaupten, dass dabei die Glottis verhältnissmässig lang, spaltförmig ist, und mit Zunahme der Schwingungszahl an Länge abnimmt, dass sie ferner dabei nicht von den Schwingungen der Glottiszonen ausgefüllt oder geschlossen erscheint, sondern zum grossen Theil offen bleibt, und sich ungefähr so darstellt, wie die Glottis des ausgeschnittenen Kehlkopfs, wenn auf ihr Töne des 5. Registers oder sogenannte Falsettöne gebildet werden. Es scheinen also dabei offenbar nur die Ränder der Glottis zu schwingen, und zwar sekundär, während die eigentlichen primären, tonangebenden Schwingungen in der Glottisapertur selbst gebildet zu werden, also den Lufttönen anzugehören scheinen. Jene Interferenzen, die bei Anwendung des isolirten Mundstücks immer einen beträchtlich tiefern Nebenton geben, werden jedenfalls, wie die von uns bisher an andern Apparaten und am Kehlkopf beobachteten, durch aufschlagende Schwingungen der seitwärts zunächst der Glottis liegenden Mundspaltpartien hervorgerufen. Ueber das Verhalten dieser Phänomene bei längeren Rohransätzen s. w. u.

6. Die Funktionen des Ansatzrohrs, mag es kurz oder lang sein, lassen sich etwa folgendermaassen bestimmen. Zuerst wirkt das Ansatzrohr als klangverstärkender Resonanz- und Konsonanzapparat, die hineingeblasenen Töne werden voller, klangreicher, und erhalten ein besseres Timbre, das sich zunächst nach den Dimensionen des Rohrs und nach der Dicke und dem Material der Wandungen desselben richtet. Zweitens wird der Tonumfang vermehrt, einmal in die Tiefe, d. h. die Lippen werden befähigt, tiefere Töne zu bilden, als ohne Ansatzrohr ihnen bei Vermeidung anderer Vertiefungsmittel möglich ist; sodann in die Höhe, indem, wie unter No. 5 bemerkt wurde, durch Anfügung einer mittönenden Luftsäule ein ganzes, neues, klingendes Register von höhern Tönen ermöglicht, wenigstens sehr erleichtert wird. Drittens wird durch das Ansatzrohr die Unsicherheit der Mundstücktöne beseitigt, sie werden gleichsam anspruchsfest gemacht dadurch, dass der tönende, in das Ansatzrohr geblasene Luftstrom in demselben Longitudinalwellen von gleicher Schwingungszahl hervorruft, welche unter allen Umständen fest und sicher stehen, während die Lippentöne lediglich durch die vom Willen abhängige Kompression der Lippen provocirt werden und daher zahlreichen Oscillationen unterworfen sind. Das Ansatzrohr fungirt hier in ähnlicher Weise, wie der Pendel oder Cylinder an der Uhr, es korrigirt dabei etwaige Schwankungen der Lippenschwingungen dadurch, dass es dieselben sofort in seinen nächsttiefern Eigenton umstimmt, der dann, einmal gebildet, ohne Schwierigkeit festgehalten werden kann. Während auf dem isolirten Mundstück alle Tonstufen sukcessiv von der tiefsten bis

zur höchsten erzeugt werden können, tönen von denselben bei angestecktem Ansatzrohr nur diejenigen, welche in letzterem auch durch andere Mittel als Longitudinal- oder Knotentöne erzeugt werden können. Die nähern akustischen Verhältnisse derselben gehören nicht hierher. Ich wiederhole nur noch, dass jeder Ton des Hornes und der andern Messingblasinstrumente, so wie der Ophikleïde, mögen sie aus einer Tonart gehen, aus welcher man will, primär als Zungenton auf den mit dem Mundstück bewaffneten Lippen des Bläsers erzeugt, und durch das Rohr des Instruments, sobald er mit einem Eigentone desselben zusammenfällt, in seiner Schwingungszahl nicht verändert wird; nur wenn der Primärton zwischen zwei Eigentönen des Rohrs liegt, wird derselbe in den tiefern der letztern umgestimmt; ausserdem werden, wie schon erwähnt, die Lippen des Bläsers durch das Ansatzrohr befähigt, noch einige tiefere Töne hervorzubringen, als ohne Ansatzrohr ihm möglich sind, so wie auch das hohe oder Falsetregister mit Ansatzrohr leichter anspricht.

7. Die Selbstständigkeit dieses hohen, dem Falsetregister des Kehlkopfs vergleichbaren Registers tritt beim Mitgebrauch des Ansatzrohrs besonders deutlich hervor durch die Interferenztöne, welche sofort den Hauptton begleiten, sobald die Lippen die zu ihrer Erzeugung erforderliche Disposition nicht rein und sicher treffen und festhalten, sondern ein- oder beiderseitlich von der kleinen legitimen Stimmritze noch eine falsche Stimmritze entstehen lassen, in welcher sich primäre Zungenschwingungen bilden, die dann einen 1 Oktave tiefern Ton geben. Es gehört keine grosse Uebung dazu, um hier absichtlich Oktaven blasen zu können, deren Abstand von einander allerdings hier durch die Knotenbildung gesichert zu werden scheint. Man kann dieses Tonphänomen sowohl mit ganzer Exspiration, als auch durch blossen Mundluftdruck erzeugen, in welchem letzteren Falle der Ton freilich nicht lange gehalten werden kann. Weitere Versuche haben mir gelehrt, dass das in Rede stehende hohe Register etwa da beginnt, wo das Gegenschlagregister aufhört. Amphotere Töne scheinen hier nicht zu existiren. Ich vermag auf dem Hornmundstück das letztere Register bis b^1 zu treiben; die höhern Töne, die ich darauf zu erzeugen fähig bin, gehören offenbar dem hohen oder Falsetregister der Lippen an.

8. Ueber den Mechanismus der tiefen Interferenztöne bin ich noch nicht völlig im Klaren. Denn auch die gewöhnlichen Gegenschlagtöne werden oft von tiefen Interferenzen begleitet. Es fragt sich nun, ob letztere nach demselben Mechanismus gebildet sind, als diejenigen, welche die hohen Falsettöne begleiten. Die Interferenzen der Gegenschlagtöne können nur durch aufschlagende Schwingungen bewirkt werden. Aber die die Falsettöne interferirenden Nebentöne könnten wohl auch durch Gegenschläge entstehen. Es sind daher weitere Untersuchungen erforderlich.

IV. Beobachtungen und Versuche am lebenden Stimmorgan.

Stimmlaute.

Wir haben diese, eigentlich am nächsten von allen liegenden, Beobachtungen bis zu Ende unserer phonologischen Untersuchungen aufgespart, weil ohne Kenntniss der bisher von uns vorgeführten phonischen Erscheinungen und Gesetze auch die Befähigung fehlt, am lebenden Organ wissenschaft-

liche Beobachtungen anzustellen. Sonst müssten wir ja längst eine sichere Theorie der Stimme mit allen ihren Specialitäten besitzen, da sich zu allen Zeiten gebildete Sänger und Sängerinnen genug zur Beobachtung und Untersuchung ihrer Stimmorgane dargeboten haben, in früherer Zeit vielleicht in noch ausgezeichneterer Qualität, als gegenwärtig.

Der meiste Gewinn ist hier aus der Selbstbeobachtung zu erwarten. Bei der Beobachtung anderer Sänger u. s. w. ist man fast nur auf das Ohr und Auge beschränkt; das objektirende Gefühl und Getast kann nur selten zur Hülfe gezogen werden, alle wesentlichen Stimmorgane sind dem Auge und der direkten manuellen Exploration entzogen: dagegen ist der Beobachter schon besser daran, wenn er an seinem eigenen Organ in wenigstens einigermaassen ergiebiger Ausdehnung zu operiren fähig ist, wenn er also selbst Sänger ist, und zwar nicht bloss roher Natursänger, sondern ein solcher, dessen Organ nach allen ihm zugänglichen Richtungen geübt ist, der so zu sagen die ganze Schule mit allen ihren Verirrungen und Abwegen wenigstens skizzenhaft durchgemacht hat, und zwar zu einer Zeit, in einem Lebensalter, wo er bereits mit physiologischem Bewusstsein und Beobachtungsfähigkeit die Vorschriften und Uebungen derselben an sich anzuwenden und zu erleben im Stande war. Kommt nun noch dazu, dass ein solcher Beobachter mehrfache Gelegenheit hatte, nicht nur die Methoden verschiedener Gesanglehrer kennen zu lernen, sondern auch viel und vielerlei Sänger, Schüler sowohl wie Künstler, näher und öfter zu beobachten und deren Stimmorgan, so weit es zulässig war, zu untersuchen, so lässt sich, wenn ihm die sonstigen Fähigkeiten nicht fehlen, allerdings von seinen Beobachtungen und Bestrebungen einiges für die Wissenschaft verwendbares Resultat erwarten.

Wenn ich nun so ziemlich im Stande zu sein glaube, die meisten der erwähnten Requisite, Befähigungen und Begünstigungen auf mich beziehen zu dürfen, so füge ich nur noch hinzu, dass mein Stimmorgan, von Natur mehr weit- als gross-elastisch, und mehr fein als kräftig entwickelt, vor der Mutation dem **1.** Sopran (des Schulchors) angehörte, nach der Mutation dagegen dem Baryton anheimgefallen ist, doch so, dass mir bei nur leidlicher Disposition 2 volle Oktaven von Brusttönen: F — f^1 zu Gebote stehen, während ich mit dem Kehl- und Strohbass bis C, und mittels der beiden Falsets bis f^2 zu gelangen fähig bin.

Wir haben zuerst die Organe, welche bei den verschiedenen Stimmphänomenen des Menschen thätig sind, in ihren anatomischen Verhältnissen und den daraus hervorgehenden mechanischen Dispositionen kennen gelernt; wir haben sodann an künstlichen, anfangs möglichst einfachen und nur allmälig zusammengesetzteren, Apparaten die Elemente der Luft- und Zungen-Tonphänomene im Allgemeinen sowohl, als im Besondern studirt, und wenn auch Manches von den Ergebnissen dieser Forschungen einstweilen nur einen negativen oder indirekten Werth für unsere Theorie haben mag, so ist doch schon damit viel gewonnen, dass man weiss, was am und mittels des menschlichen Organs möglich, und was unmöglich ist: vielen Faseleien und ungereimten Hypothesen wird dadurch ein Riegel vorgeschoben: endlich haben wir den ausgeschnittenen Kehlkopf auf seine Leistungsfähigkeit untersucht, und schon hierbei den grossen Unterschied kennen gelernt, welcher zwichen einem so komplicirten, aus weichen, halbflüssigen und aus festen Substanzen zusammengesetzten Tonwerkzeug, und den aus einfachern, homogeneren Stof-

fen von Menschenhand gebildeten Instrumenten besteht. Immer war dies letztere jedoch nur ein Operiren an dem zwar wichtigsten, aber aus seinem Zusammenhange mit andern wichtigen Organen gewaltsam herausgerissenen Tonwerkzeuge: und wenn wir ihm auch mehr Freiheit für seine tonerzeugenden Bewegungen gaben, als andere Experimentirer gethan haben, wenn wir daher wohl auch Manches dabei gefunden haben, was Andere noch nicht finden konnten, so ist doch abermals der Schritt vom todten, exstirpirten Kehlkopf zum vollen, lebendigen, selbstthätigen Organenkomplex ein so gewaltiger, dass wir wohl allen Grund haben, bei Durchwanderung des neuen Gebietes, das uns jetzt entgegen tritt, die grösste Vor- und Umsicht anzuwenden, damit wir uns nicht darin verirren, zumal da das Meiste, was wir hier zu untersuchen haben, der Okularinspektion entzogen ist, und daher der Vortheil der sogenannten Demonstratio ad oculos uns zum grossen Theile verloren geht. Wir müssen jetzt die geringe Summe unserer bisher erworbenen Kenntnisse recht zusammennehmen, um nur einigermaassen uns von dem, was wir von nun an zu beobachten vorfinden, Rechenschaft geben zu können; meist kann nur ein synthetischer oder ein apagogischer Beweis geführt werden, und oft muss man sich nur durch Analogie und Induktion leiten lassen. Viele Ergebnisse der Untersuchung des todten Kehlkopfs lassen sich gar nicht ohne Weiteres auf das lebende Organ übertragen und bedürfen erst der Korrektion auf Grund neuer Versuche, die aber oft auch noch Zweifel übrig lassen.

Wir theilen unsere Untersuchungen am lebenden Stimmorgan in 3 Abtheilungen. Die *erste* und *zweite* sollen sich mit der Auffassung und Analyse der *sinnlich* wahrnehmbaren Phänomene beschäftigen. Von diesen sollen die *hörbaren* (1) durch die *sicht-* und *fühlbaren* (2) Licht und Aufklärung erhalten, zunächst dadurch, dass wir nachforschen, welche durch das Gesicht und Gefühl und andere objektive Hülfsmittel erfassbare Veränderungen mit gewissen akustischen Phänomenen zusammenfallen. In der *dritten* Abtheilung wollen wir mit Hülfe unserer bisher erworbenen Kenntnisse einen Schluss auf die *innern* unserer direkten Beobachtung entzogenen Zustände und Vorgänge zu ziehen unternehmen.

1) Die hörbaren Phänomene des menschlichen Stimmorgans.

Auf den ersten Anblick könnte eine Vorführung der hörbaren Phänomene des menschlichen Stimmorgans für unsern Zweck überflüssig erscheinen, da am Ende Jedermann, welcher mit gesunden und leidlich musikalisch gebildetem Gehörorgan begabt ist, in dieser Hinsicht auch ohne unsere besondere Hinweisung die erforderlichen Beobachtungen anstellen kann und meist wohl längst schon angestellt hat. Denn es handelt sich ja hier um weiter nichts, als um eine Aufführung der verschiedenen Laute, Töne und Klänge nebst deren weitern Eigenschaften und Beziehungen zu einander, was ja alles Dinge sind, deren hinlängliche Bekanntschaft wir bei unsern Lesern voraussetzen können. Dennoch halte ich für nöthig, diese Phänomene in einem besondern Kapitel, zunächst nur in so weit sie mit dem Gehöre auffassbar sind, der Reihe nach aufzuführen, und nach den verschiedenen Eindrücken, die sie auf das Gehör machen, zu unterscheiden: einmal weil über die Begriffsbestimmung derselben, und zwar gerade der einfachsten, durchaus noch keine Klarheit und Einheit herrscht; zweitens weil wir vor Allem das rein akustische Material, an welches die wissenschaftlichen Fragen angeknüpft werden

sollen, in gehöriger Weise abgrenzen und mit bestimmten Namen bezeichnen müssen, damit wir in Zukunft sofort wissen, um was sich die Frage dreht, und vor jedem möglichen principiellen Irrthum und Zweifel sicher gestellt sind.

a. Die menschliche Stimme. Ihr Verhältniss zur Sprache.

Bisher haben wir bei unsern Untersuchungen an selbstfabricirten Instrumenten sowohl, als am ausgeschnittenen Kehlkopf nur Töne hervorgebracht, aber noch nichts, was den Namen Stimme verdient hätte. Töne an sich sind rein physikale Phänomene, mögen sie erzeugt worden sein, wo und wie sie wollen: Stimme dagegen ist immer ein Lebensakt, nach Pierer die Andeutung des innern Lebens für den Gehörsinn (anderer lebender Wesen), also nicht bloss der Inbegriff der mittels des Durchströmens der Luft durch die Kehle entstehenden Töne (Liskovius), oder gar nur der Schall, welcher entsteht, indem die Luft durch die verengte Stimmritze gestossen wird (Rudolphi), oder die den Stimmorganen innewohnende Fähigkeit zur Erzeugung von für Musik sich eignenden Tönen (Nehrlich). Die Stimme ist also eine mittels des Respirationsorgans unterhaltene, zunächst durch die tönenden Schwingungen der Kehlkopfbänder hervorgerufene Manifestation des thierischen Seelenlebens, welche, durch die atmosphärische Luft geleitet, mittels des Gehörorgans von andern hörenden und empfindenden Wesen aufgenommen wird. Sie ist daher ein Attribut aller in der Luft vorzugsweise athmender Geschöpfe, der Thiere sowohl, als der Menschen, vorausgesetzt, dass sie keine für ihre Bedürfnisse geeigneteren Mittel besitzen, ihre Empfindungen der empfindenden Aussenwelt mitzutheilen, oder dass ihr Lebenszweck überhaupt einer solchen Mittheilung zu seiner Erreichung bedarf. Im Allgemeinen besitzen daher nur der Mensch und die höher organisirten Thiere (die Säugethiere, Vögel und die meisten Amphibien) eine wirkliche Stimme; denn wenn auch einige Fische (mehrere Species von Trigla, Cottus, Sciaena, Pogonias u. s. w.) zu gewissen Zeiten einen knurrenden Ton von sich geben, wenn auch sehr viele Insekten summen, zirpen und pipen, so dürfen wir doch solche Töne und Geräusche nicht mit dem Ausdruck wirklicher Stimme bezeichnen, da allen diesen niedriger organisirten Thieren ein specifisches Stimmorgan abgeht. Im engern Sinne ist Stimme nur bei wirklich vorhandenen Lungen, bei einem selbstständigen, von der Bauchhöhle deutlich (wenn auch nicht immer durch ein Zwerchfell) abgegrenzten Thorax, und bei einem mehr oder weniger entwickelten Kehlkopf möglich, welche Organisation bekanntlich nur die genannten drei höher organisirten Thierklassen besitzen. — Fragen wir, welche Rolle überhaupt die Stimme im animalen Leben spielt, welchen Regungen und Bedürfnissen sie Ausdruck giebt, so finden wir, wenn wir die nächstliegenden Erfahrungen zu Grunde legen, dass die Stimme im Allgemeinen das vom Schöpfer eingepflanzte Mittel abgiebt, die sogenannten leidenschaftlichen Emotionen, die Affekte des leiblichen und gemüthlichen Lebens zu äussern und auf grössere Distanz andern hörenden Wesen mitzutheilen. Man kann nicht behaupten, dass ein Thier eine um so ausgebildetere, umfangreichere, klangvollere und melodisch abstufbarere Stimme besitzt, und dieselbe um so häufiger hören lassen werde, je vollkommener es überhaupt organisirt ist. Wäre dies der Fall, so müsste das Pferd, die Katze, der Hund, Elephant, Affe u. s. w. ein weit vollkommeneres Stimmorgan besitzen, und beiläufig weit schöner

singen können, als etwa die Nachtigall, die ihren psychischen Aeusserungen und Thätigkeiten nach bekanntlich auf keiner hohen Stufe steht. Wer aber oft leidenschaftlich aufgeregt ist oder wird, wer überhaupt häufig auf irgend eine Art leidet, etwas auf dem Herzen hat, der begehrt zugleich etwas, sei es Nahrung, oder Befriedigung des Geschlechtstriebes, oder Unterstützung gegen einen feindlichen Angriff, sei es eine friedliche, freundschaftliche Annäherung geliebter Angehörigen, oder sonst eine Kenntnissnahme seiten Anderer. Die stärksten, eindringlichsten, modificirtesten hörbaren Ausdrücke der Leidenschaften und Bezeichnungen der Lebensbedürfnisse finden wir daher unter den Vögeln, welche bei ihrer Lebensart den äussern Einflüssen am meisten ausgesetzt sind, daher auch mehr Bedürfnisse haben, und die Mittheilung derselben in der Regel auf weitere Strecken tragen müssen, als andere Thiere. Solche Thiere dagegen, deren Lebensart abgeschiedener, einförmiger ist, deren Umgebungen und Beschäftigungen sich wenig ändern, deren Bedürfnisse fast augenblicklich befriedigt werden, entbehren daher auch für gewöhnlich der Stimme, weil sie dieses Mittels nicht bedürfen. Derselbe Mangel der Stimme findet statt, wenn diese, wie beim Maulwurf und andern Minirern, von der Aussenwelt nicht vernommen werden würde. Die Fische vernehmen mittels ihrer Gehörwerkzeuge nur Fluidarschwingungen; ein ausgebildetes Stimmorgan könnte ihnen bei ihrer Lebensart im tropfbarflüssigen Medium gar nichts nützen. Beim Menschen verhält es sich im Allgemeinen ebenso, wie bei den höhern Thieren, vor den er hinsichtlich der Stimme als rein animalen Lebensaktes im Ganzen nicht sehr viel voraus hat. Der Mensch braucht seine Stimme zu gleichen Zwecken, wie das Thier, insoweit er selbst Thier ist: er schreit vor Schmerz, Angst, Hunger u. s. w., er kündigt seine Bedürfnisse, die er selbst sich nicht allein befriedigen kann, durch seine Stimme an. Dies dauert wenigstens so lange, als er dazu noch keiner bestimmteren Zeichen, keiner Artikulationen, keiner Sprache bedarf. Sobald aber der Mensch dem Thier entwachsen ist, sobald sein Selbstbewusstsein erwacht, und er sich selbst denkt, dann genügt ihm die nackte Stimme als Mittel zur Mittheilung seiner innern Bewegungen und Begehrungen nicht mehr, er schafft sich mit Hülfe der ihm dazu gegebenen Organe bestimmtere Zeichen, die Artikulationen der Stimme, die Sprachlaute, die nun weiter auch als Mittel zur Manifestirung des höhern, geistigen Lebens dienen sollen. Zwar haben die höhern Thiere, wenn wir sie in ihrer Gesammtheit betrachten, auch eine gewisse Sprache, zwar finden wir fast jede in der natürlichen Sprache des Menschen vorkommende Artikulation der Stimme bei einzelnen Thieren mehr oder minder vernehmlich wieder*); immer aber sind es nur Rudimente einer Sprache, welche die einzelnen Thiere aufweisen können: eine wirkliche Sprache besitzt nur der Mensch; Er, welcher nicht nur, wie das Thier, wächst, empfindet, geniesst und sich fortpflanzt, sondern auch Gott erkennt und denkt, und eben deshalb des Worts, der Sprache bedarf.

Die Stimme ist, wie Hegel sagt, die erfüllte Aeusserung der sich kundgebenden Innerlichkeit. Die für die bestimmten Vorstellungen sich weiter artikulirende Stimme, die Sprache giebt den Empfindungen, Anschauungen, Vorstellungen ein zweites, höheres, als ihr unmittelbares Dasein, überhaupt eine Existenz, die im Reiche des Vorstellens gilt. Die Stimme macht den

*) Wenzel Entdeckungen über die Sprache der Thiere. Wien 1800.

innern thierischen, sich fühlenden, die Sprache den innern geistigen, selbstständigen, sich selbstdenkenden Menschen kund. Die Stimme verhält sich demnach zur Sprache, wie Seele zu Geist, wie Natur zu Gnade.

Bleiben wir jedoch in unsern physiologischen Schranken, und zergliedern wir die Stimme und die Sprache in ihre physikalen Elemente, betrachten wir die Organe, durch welche dieselben dargestellt werden, so finden wir, dass die Sprache eigentlich nichts Anderes, als eine durch verschiedene Bildungs- und Hemmungsmittel modificirte Stimme ist. Der rohe Stimmlaut, der tönende Luftstrom, wie er aus dem Kehlkopfe kommt, wird im Ansatzrohr in ähnlicher Weise, bald auf diesem, bald an jenem Orte, eingeengt, dirigirt oder zeitweise ganz unterbrochen, wie es mit dem tonlosen aus den Lungen kommenden Exspirationsstrom im Kehlkopf geschieht, und es wird jener auf diese Weise in den Sprachlaut verwandelt. Das Nähere über die dabei stattfindenden Vorgänge werden wir jedoch erst in der folgenden Abtheilung dieses Werks genauer betrachten. Gegenwärtig müssen wir uns einstweilen mit den Andeutungen begnügen, dass sich zwar bei keinem Menschen, der seiner Sprachorgane bereits vollkommen mächtig ist, ein scharfer Unterschied zwischen Stimme und Sprache machen lässt, weil jeder aus dem Kehlkopf aufsteigende Ton erst durch die sprachlichen Artikulationsorgane gehen muss und von denselben bereits diejenige Modifikation erhält, die ihn zum artikulirten oder zum Sprachlaut erhebt, dass wir aber nichtsdestoweniger Stimme von Sprache unterscheiden müssen, weil ein Sprachlaut noch nicht Sprache selbst ist, sondern diese erst durch eine gewisse vom Verstand geleitete Verbindung von Sprachlauten zu Silben und Worten als hörbaren Sprachzeichen oder Sprachelementen möglich wird, wobei das specifische phonatorische Element nicht einmal unumgänglich erfordert wird. Wir sind hier genöthigt, abermals einige wesentliche Distinktionen zu machen.

b. Laute, Töne, Klänge.

Diese drei Begriffe werden sehr häufig mit einander verwechselt, ja, um die Konfusion vollständig zu machen, wird sogar oft Stimme mit dem einen oder dem andern dieser drei verschiedenen Dinge zusammengeworfen. Bei Beurtheilung von Gesangsleistungen kommt es oft vor, dass kein Unterschied zwischen schöner Stimme und schönem Tone gemacht wird: aber derselbe Kritiker*), welcher letztern Irrthum ausdrücklich, und zwar mit Recht rügt, bezeichnet den Ton der Menschenstimme als eine Art von Klang, obwohl schon vor ihm sein Kollege Marx**) ziemlich richtig die gedachten Begriffe von einander gesondert hat. Bindseil***) fügt den genannten ohne Noth noch den Begriff Hall und Gall hinzu, und ist über die Definition von Schall und Ton nicht bestimmt genug. G. Weber†) verwechselt Klang mit Ton, und macht keinen Unterschied zwischen Laut und Schall. In ähnlicher Weise könnte ich noch mancherlei ähnliche Unsicherheiten und Verwirrun-

---

*) Nehrlich, die Gesangskunst u. s. w. Leipzig 1841. S. 105 und 94.

**) Die Kunst des Gesangs. Berlin 1826. §. 6. 7. 13.

***) Akustik. Potsdam 1837. §. 10. 11. Dessen Abhandlungen zur allgemeinen vergleichenden Sprachlehre. Hamburg 1838. I. §. 5—7.

†) Versuch einer geordneten Theorie der Tonsetzkunst. 3. Aufl. Mainz 1830. I. Theil. §. 1—5.

gen hinsichtlich der in Rede stehenden Schallmanifestationen anführen, doch mag es an den erwähnten genügen.

Unter Laut pflegen wir im Allgemeinen ein hörbares, mittels des Stimm- oder Sprachorgans hervorgebrachtes Phänomen zu verstehen, mag es sonst Eigenschaften haben, welche es will. Selten kommt es vor, und jedenfalls ist es, um Konfusion zu vermeiden, nicht nöthig, dass man von Lauten todter Körper spricht. Diese geben verschiedenartige Schalle, Geräusche oder Töne von sich, aber keine Laute. Eben so wenig wollen wir die ausserhalb des Stimm- und Sprachorgans im menschlichen Körper erzeugten Schallphänomene, wie z. B. die Herz- und Gefässgeräusche, die Intestinalgeräusche, die in der Glottis des Sphincter ani gebildeten Töne mit dem Ausdruck Laute bezeichnen, sondern bei diesem Worte immer an eine hörbare Manifestation des physischen, nicht des leiblichen Lebens denken. Demnach haben sogar nicht einmal alle im Gebiet des Stimm- und Sprachorgans auftretenden hörbaren Phänomene Anspruch auf die Ehre dieser Bezeichnung. Namentlich bleiben ausgeschlossen alle Geräusche und sonstige mit Schall begleitete Vorgänge, welche die Entfernung irgend eines die höhern Funktionen, zunächst eben die Lautbildung, störenden Hindernisses, z. B. zähes Schleimes oder anderer fremden Körper beabsichtigen, welche den Ein- oder Austritt der respiratorischen Luft an einer über dem Kehlkopf liegenden Stelle verzögern (das Schnarchen), so wie andere nur auf übeler Angewohnheit beruhende Geräusche.

Wir unterscheiden die Laute zunächst in artikulirte und unartikulirte. Artikulirt erscheint jeder menschliche Laut, der bei offenem Munde und sonst gesundem Stimm- und Sprachorgan von einem vernünftigen, seiner Sinne mächtigen Menschen gebildet worden ist, mag er zu einem konkreten Zwecke (Stimme oder Sprache) dienen sollen oder nicht. Unartikulirt nennen wir dagegen diejenigen Laute, welche entweder mit noch unentwickeltem Organ (Infantia), oder bei geschlossenem Munde, oder bei gewissen pathologischen, die Artikulation sehr erschwerenden oder völlig vernichtenden Zuständen der wesentlichen Sprachorgane, oder endlich bei durch heftige Affekte, Wuth, Tobsucht, oder auch durch angeborne Taubheit aufgehobener oder unausgebildet gebliebener Herrschaft über die Artikulationsorgane erzeugt werden, und zwar (wodurch eben diese Phänomene zu Lauten werden) in der Absicht, einen gewissen innern Zustand dadurch kund zu geben. Die artikulirten Laute unterscheiden wir in Stimmlaute und in Sprachlaute, obwohl der Unterschied hier zum Theil nur ein relativer ist. Am besten thun wir, wenn wir zwischen Stimmlaut und Ton (Stimmton) gar keinen Unterschied machen, wonach die artikulirten Laute also in reine Töne und in Sprachlaute zerfielen. Unter den letztern kommen zwar auch mehrere vor, die ohne Ton nicht existiren können, nämlich die Vokale, doch wird beim gewöhnlichen Sprechen dem phonatorischen Element nur so viel Geltung eingeräumt, als zur Vernehmung der eigentlichen Artikulation, der einzelnen Sprachzeichen erforderlich ist, während beim Gesang das phonatorische Element, der eigentliche, reine Stimmlaut, der gehaltene Vokal zur vorzugsweisen Geltung gebracht wird, und die Artikulationen nur insoweit berücksichtigt werden, als zur begrifflichen Verbindung der einzelnen Stimmlaute oder Töne erfordert wird. Die Mehrzahl der Sprachlaute entbehrt des Tones oder der phonatorischen Mitwirkung der Stimmbänder des Kehlkopfs ganz und gar; und wenn wir bei dem Ausdruck

„Laut“ durchaus an ein mit einer gewissen Deutlichkeit und Klarheit das Gehörorgan treffendes Phänomen denken zu müssen glauben, so würde der Ausdruck Sprachlaut für die Consonantes strepentes und explosivae ein höchst ungeeigneter sein. Die tönenden Sprachlaute, die Vokale, sind die eigentlichen Träger der Sprache, dasjenige, was eben die Sprache laut macht, dadurch, dass zu den artikulatorischen Funktionen des Ansatzrohrs die tönende Mitwirkung der Stimmbänder hinzutritt. Ueber alle diese sprachlichen Gegenstände sprechen wir im nächsten Abschnitte genauer.

Die Stimmlaute oder die Töne des lebenden, sprachfähigen Menschen sind es nun, die wir jetzt etwas genauer ins Auge und Ohr fassen müssen. Was unter Ton im Allgemeinen zu verstehen sei, durch welchen Mechanismus er entstehe, wie sich die auf dem ausgeschnittenen Kehlkopf erzeugbaren Töne verhalten, das haben wir in frühern Abschnitten dieses Werks bereits mitgetheilt. Aber der Ton des lebenden Organs, vom Menschen selbst als Ausdruck des innern Lebens hervorgebracht, muss jedenfalls etwas an sich tragen, das ihn von andern Tönen unterscheidet. Dass dies wirklich der Fall ist, darüber sind alle mit gebildetem Gehörorgan begabten Sänger und Hörer einig; und auch diejenigen Physiologen, welche am ausgeschnittenen Kehlkopf experimentirt haben, werden eingestehen müssen, dass zwischen dem Ton des todten und dem des lebenden Organs ein bedeutender Unterschied ist. Nur wollen wir diesen Unterschied nicht in übernatürlichen Dingen suchen, wollen nicht uns dem bisher leider immer noch sehr verbreiteten Wahne hingeben, dass die sogenannte Seele sich unmittelbar dem Tone mittheile und mit ihm gleichsam hervorströme, dass demnach auch alles, was am Tone seelisch ist, über alle Definition und allen Ausdruck erhaben sei, weil es eben nicht mit den gewöhnlichen Sinnen begriffen werden könne, und was dergleichen Faseleien mehr sind. Freilich ist ein *con anima* gesungener Ton ein anderer, als ein kalter, seelenloser; aber der Unterschied liegt hier nicht in einer mystischen Durchdringung des Tones mit dem Spiritus oder dem Imponderabile der Seele, sondern lediglich in einer verständigern, umfänglichern, kurz künstlerischen Benutzung aller zu Gebote stehenden materiellen Hülfsmittel zur Erreichung des den gegebenen Verhältnissen angemessensten ästhetischen Effekts. Die sogenannte *Anima* des Gesanges wird und muss sich eben so sicher in durchaus materielle oder physikale Elemente zerlegen und auf diese Weise handgreiflich demonstriren lassen, als es dem Chemiker gelungen ist, den Spiritus und Aether gewisser tropfbarer Flüssigkeiten zu isoliren, kondensiren und zu binden *).

An sich wäre also der Ton des lebenden Menschen von dem des todten Körpers durchaus nicht verschieden, wenn es möglich wäre, im todten Körper alle die physikalen Bedingungen, Zustände und Bewegungs-Komplexe und Kombinationen in gleicher Vollkommenheit herzurichten, wie es im lebenden Körper (beziehendlich des gebildeten Sängers) ungezwungen

*) Hiernach mag man die Definition beurtheilen, welche Nehrlich (Gesangskunst S. 94) vom Gesangtone giebt und welche so lautet: Der Ton der Menschenstimme, eine im Augenblicke des Auftretens lebende, so wie Leben anregende, selbstständige Erscheinung, ist ein aus innerer Selbstthätigkeit geschaffener Klang, der vermöge seines in ihm sich bewegenden Lebens, so wie seiner Selbstthätigkeit uns bestimmt, sein Dasein ganz von dem ihn erzeugenden Körper, so wie von allen ihn irgendwie bedingenden räumlichen Verhältnissen unabhängig zu betrachten.

und gleichsam von selbst vor sich geht. Da dies aber nimmermehr in seiner Vollständigkeit zu erreichen möglich sein wird, so wird auch immer ein gewisser Unterschied zwischen den von lebenden Organen erzeugten Tönen und den der von todten Kräften intonirten Instrumente wahrzunehmen sein.

Der Hauptunterschied zwischen den Tönen des lebenden und den des todten Organs entsteht dadurch, dass ersteres über alle die Bewegungsorgane, welche durch ihr verschiedenartiges Zusammenwirken die tönenden Schwingungen der betreffenden festen und (tropfbar oder elastisch) flüssigen Theile erzeugen und nach Umständen modificiren, frei gebieten kann, dass es seine volle Selbstbestimmbarkeit besitzt; während in letzterem jene Bewegungsorgane todt, d. h. nicht mehr selbstthätig, nicht mehr durch eigene, ihnen inwohnende Kontraktilität in ihren Dimensionen veränderlich sind, und daher nur von fremden, von aussen kommenden Reizen und Kräften, also passiv, in ihren räumlichen und mechanischen Verhältnissen modificirt werden können. Alle Mittel, die wir am ausgeschnittenen Kehlkopf angewandt haben, um z. B. die willkührliche Kontraktion des M. vocalis nachzuahmen, sind immer nur sehr unvollkommene und einseitige Nothbehelfe, und in ihrer Wirkung mehr oder weniger unsicher und trügerisch. Das wichtigste, von Harless entdeckte Mittel, durch einen galvanischen Strom tongerecht aufgespannte Muskeln zu kontrahiren (S. 558), lässt sich begreiflicher Weise am ausgeschnittenen Kehlkopf nicht mehr in Anwendung bringen.

Verhältnissmässig am wenigsten treten die Unterschiede zwischen den Tönen des lebenden und den des todten Organs hervor, wenn man bei geschlossenem Munde Töne erzeugt, und so die Artikulation fast ganz abschneidet. Man erhält auf diese Art den Ton des Sprachlautes M. Alle Töne des ausgeschnittenen Kehlkopfs haben eine ähnliche Klangfärbung, zumal wenn man demselben ein Ansatzrohr von etwa dem menschlichen gleicher Länge, das nach oben sich etwas verengt, anfügt. Sobald aber bei nur einigermaassen geöffnetem Munde, ohne dass man an den Artikulationen irgend eine absichtliche Bewegung erzeugt, ein Ton angegeben wird, so erscheint derselbe bereits artikulirt, als der Sprachlaut A, welcher daher auch der reine, natürlichste, ungefärbte Stimmton ist. Kein Ton des ausgeschnittenen Kehlkopfs zeigt diese Eigenschaft in nur einigermaassen erkennbarem Grade. Aus diesem Grunde ist auch der Vokal A derjenige, auf welchen die ersten Gesangübungen vorgetragen werden, und welcher überhaupt beim Gesange die Hauptrolle spielt, weil er am reinsten klingt: es ist der eigentliche Normallaut des Menschen. Das Weitere über denselben s. im nächsten Hauptabschnitt.

Jeder Ton klingt, er hat seinen bestimmten Klang, d. h. er hat in Vergleich mit einem andern Tone von gleicher Höhe (oder Schwingungszahl) etwas an sich, wodurch er sich von diesem andern Tone unterscheidet, wodurch er seine Qualität, seinen Charakter bekommt. Vergl. S. 284. Wenn nun auch in vielen Fällen die Aehnlichkeit zweier gleich hohen Töne so gross sein dürfte, dass wir wenigstens vom physiologischen Standpunkte keinen Unterschied aufzustellen berechtigt sind, so kommen dafür in andern Fällen selbst für gleich hohe Töne eines und desselben lebenden Stimmorgans so erhebliche Unterschiede in dem, was wir eben Klang des Tones nannten, zur Wahrnehmung, dass wir hiernach die ganze Tonreihe eines Individuums in gewisse Abtheilungen oder Register zu bringen genöthigt werden, eben so wie wir dies bereits mit den verschiedenen Tönen des todten Kehlkopfs

und anderer Apparate zu machen Veranlassung hatten. Wir betrachten zunächst hier nur die durch das Ohr vernehmbaren Unterschiede im Klange der menschlichen Töne: welche mechanischen Verhältnisse denselben zu Grunde liegen, wollen wir später, nachdem wir noch mehr Mittel dazu gewonnen haben werden, erforschen. Aber auch für unsere gegenwärtige Untersuchung müssen wir uns erst über einige principielle Fragen klar zu werden suchen.

Zuerst wirft sich uns die Frage auf: wodurch unterscheidet sich der Klang vom Ton? Diese Frage ist nicht müssig, denn beide Begriffe werden gar häufig, und zwar nicht nur von ungebildeten oder unerfahrenen Schriftstellern, mit einander verwechselt. Ton ist, wie wir bereits früher bemerkt haben, das hörbare Produkt einer Reihe hinlänglich schnell in gleichen Zeitintervallen sukcedirender stehender Schwingungen eines elastischen Körpers, mögen dieselben von gleichbleibender Länge sein oder nicht, mag der schwingende Körper sonst beschaffen und disponirt sein, wie er will. Die wesentlichen Bedingungen des Tones sind bei den eben genannten Verhältnissen bereits erreicht. Das wesentliche Kennzeichen des Tones ist die Schwingungszahl. Lässt sich diese an einem hörbaren Phänomen deutlich messen, so nennen wir es einen Ton, und unterscheiden denselben von andern Tönen durch den Unterschied seiner Schwingungszahl von der der andern. Alle sonstigen, von der Anzahl der Exkursionen unabhängigen Eigenschaften des Tones beziehen wir auf den Klang. Der Ton ist wesentlich das Quantitative, der Klang das Qualitative einer gewissen Summe stehender Schwingungen Beim Tone fragen wir zunächst: wie hoch oder wie tief? beim Klange: wie beschaffen oder wie gefärbt? Doch kann ein Ton, der seiner Schwingungszahl nach noch ziemlich gut zu unterscheiden ist, unrein werden, wenn neben den gleichmässigen stehenden Schwingungen noch durch denselben Schallerreger andere Körper bewegt werden, so dass sie in die Schwingungssphäre jener gerathen, dadurch die Schwingungen in irgend einer Weise stören und dem Tone ein Geräusch hinzufügen. Der Klang dagegen kann nie unrein genannt werden, auch wenn er schlecht oder dumpf ist.

Wir sagten vorhin: der Ton klingt: warum nicht: das Tonorgan klingt? Im gewöhnlichen Leben spricht man freilich sehr oft vom Klingen dieses oder jenes Instrumentes, selbst berühmte Akustiker sprechen von einem Mitklingen, von Klangfiguren u. s. w., aber meines Erachtens mit Unrecht. Das Organ geräth durch den Schallerreger lediglich in die zum Tönen erforderliche Molekularbewegung, also tönt es: das Quale dieses Tönens ist doch offenbar Funktion des Tones, nicht unmittelbar des tönenden Körpers. Freilich wird die Qualität des Tons durch die des letztern bestimmt, aber immer bleibt es ein logischer Sprung, wenn man von einem Tonorgan sagt, es klinge gut oder schlecht. In dieser Hinsicht muss ich Marx widersprechen, wenn er sagt*): es ist ein unrichtiger Ausdruck, wenn man von einer Stimme oder einem Instrumente sagt, sie hätten einen guten oder schlechten Ton, statt einen guten oder schlechten Klang. Wie kommt da Marx z. B. beim menschlichen Kehlkopf zurecht, wenn ein Sänger eine schöne Bruststimme, aber eine schlechte Fistel hat? Kann ein Instrument gleichzeitig gut und schlecht klingen?

Aber lässt sich nicht auch der Klang quantitativ bestimmen? Man hat ja Ausdrücke, wie klangarm, klangvoll u. s. w.? Gegen diese Aus-

*) Gesangskunst §. 7. Anmerkung.

drücke wollen wir nicht allzustreng sein, da wir Mühe haben würden, sie durch bessere zu ersetzen, und da wir durch Tonleere und Tonfülle etwas anderes zu bezeichnen gewohnt sind. Uebrigens ist in den erwähnten Worten der Ausdruck Klang weder für Ton, noch für das, was wir als Klang definirt haben, gesetzt, sondern in weiterem Sinne für Schall überhaupt, so dass klangvoll, klangreich die Eigenschaft eines weithinschallenden, ausgiebigen Tonorgans bezeichnet und in dieser Hinsicht Klang mit Ton als ziemlich synonym gedacht wird. Dennoch aber haben sich gerade wegen dieses Umstands einige Akustiker bestimmen lassen, den Klang, insoweit er bloss das Qualitative des Tons bezeichnet, durch Klangfarbe (Timbre) auszudrücken. Meines Wissens hat G. Weber (Tonsetzkunst 1. Aufl. 1814. Bd. 1.) zuerst diesen Ausdruck, um die angedeuteten Missverständnisse zu vermeiden, eingeführt. In verbis simus faciles: wir besitzen in unserer deutschen Sprache nun einmal kein vollkommen entsprechendes Wort für die als Klang auftretenden Funktionen des Tons, und werden daher uns gleichfalls bei unsern weitern Untersuchungen bald dieses, bald jenes Ausdrucks bedienen, sobald wir dadurch zu keinem Irrthum oder Missverständniss Anlass zu geben erwarten können.

Indem wir uns jetzt zu den Klangunterschieden der Töne des lebenden menschlichen Stimmorgans wenden, bemerken wir gleich von vorn herein, dass wir einstweilen auf die bloss ästhetischen Unterschiede der Töne verschiedener Individuen keine Rücksicht nehmen werden, sondern nur diejenigen hier betrachten wollen, welche auch dem weniger geübten Gehörorgan die Idee eines wesentlich verschiedenen Mechanismus der Tonerzeugung anregen. Wir wählen deshalb auch behufs dieser vorläufigen Beobachtungen nicht kunstgebildete Stimmorgane, sondern solche, welche die zu betrachtenden Tonunterschiede noch nicht durch die Kunst zu verwischen vermocht haben, bei welchen sie daher auch aus diesem Grunde um so auffallender hervortreten. Sogenannte Natursänger und Dilettanten im Gesang werden demnach vor der Hand die besten Subjekte für unsere Beobachtung abgeben.

Wir hören an jedem solchen singenden Individuum, dass es eine gewisse Reihe von Tönen mit einer ziemlichen Klangfülle, mit voller Brust, ohne dass dabei die zur Verarbeitung in tönende Schwingungen sich darbietende Expirationsluft irgend wie zurückgedrängt oder beschränkt zu werden braucht, anzustimmen vermag: es sind diejenigen Töne, deren sich dasselbe Individuum auch beim gewöhnlichen Sprechen und beim Deklamiren bedient; wir nennen sie gewöhnlich Brusttöne, eben weil sie mit voller Brust, d. h. mit vollem, ungeschmälertem Athem intonirt werden und sich kräftig schwellen lassen. Der Zuhörer erhält beim Anhören solcher Töne, auch wenn er keine besondern Kenntnisse vom Stimmorgan hat, den Eindruck, als ob alles, was im Stimmorgan sich in Schwingungen versetzen lässt, durch den Luftstrom wirklich in tönende Schwingungen versetzt sei, als ob das rechte Verhältniss zwischen Luftvolumen und Luftdruck einerseits, und Schwingungssphäre und Schwingungsintensität andererseits hergestellt sei: er hat das Gefühl des Vollständigen, Naturgemässen, Gesunden, Kräftigen; er wird dabei aber auch an die freie Herrschaft erinnert, welche der Sänger (oder Sprecher) über diese Töne hat, indem er hört, wie dieser sie nach Belieben verstärken oder abschwächen kann.

Versucht nun der Sänger, höhere Noten mit seinem Stimmorgan zu er-

zeugen, als er mittels des Bereichs seiner eben gedachten Brusttöne, also mittels seines Brustregisters zu erreichen vermag, so ist er dies allerdings im Stande, aber wir hören dabei nicht nur, dass dabei eine gewisse Veränderung im Mechanismus der Tonerzeugung eintritt, sondern auch, dass der dadurch erzeugte Ton einen ganz anders gefärbten Klang hat, dass dabei nicht der volle Athem verwendet wird und gar nicht verwendet werden darf, dass nicht alles, was bei den Brusttönen in Schwingungen versetzt wurde, jetzt zu schwingen scheint, dass dergleichen Töne nicht mehr den Eindruck des Vollständigen, Naturwüchsigen, Kräftigen machen, sondern eher an etwas Krankhaftes, Schwächliches, Gezwungenes, Unfreies erinnern; denn wir vernehmen Töne, die in Vergleich mit den Brusttönen sich nur noch wie Tonfragmente verhalten, den offenbar etwas fehlt, was jene Töne besitzen, und die fast keine andere Berechtigung zum Gesange haben, als eben ihre Höhe, die bekanntlich ungefähr eine Oktave über die des Brustregisters getrieben werden kann, aber auch dann auf einen Punkt kommt, wo der Ton so eingeengt und reducirt erscheint, dass er eben aufhört, Ton zu sein. Dies ist das zweite Hauptregister der menschlichen Stimme, die sogenannte Fistel-, Falset- oder Kopfstimme mit ihren verschiedenen Nüancen, über die wir später ausführlicher uns verbreiten werden.

So wie das Falsetregister den Tonumfang eines Sängers nach oben erweitert, so wird derselbe nach unten, wenigstens bei Männern und speziell bei Bassisten, erweitert durch das sogenannte Strohbassregister. Ist nämlich ein Sänger von seinem mittlern Ton (z. B. c) um eine Quarte herabgestiegen (bis G) und damit bis zur untersten Grenze des Umfangs seiner Bruststimme gekommen, und begnügt er sich mit diesem ihm von der Natur gesteckten Ziele nicht, sondern strebt er weiter, so kann dies nur auf Kosten der Klangbarkeit und Vollkommenheit des Tons geschehen: der Ton klingt rauh, schnarrend, leer, gepresst, es wird sehr wenig Luft dabei in Schwingungen versetzt, die Solidarschwingungen scheinen sich nicht weit zu erstrecken; alle diese Eigenschaften oder vielmehr Gebrechen des Tons werden desto auffallender, je tiefer der Ton sinkt, bis derselbe (etwa eine Oktave unter dem Mittelton) so verstümmelt und reducirt ist, dass die Schwingungszahl sich nicht mehr erkennen lässt und nur noch ein tonloses Schnarren oder Raspeln übrig bleibt. So wird durch dieses Register die physische Tonmöglichkeit nach unten ebenso abgegrenzt, als durch das vorige Register nach oben, während das Brustregister nach beiden Richtungen hin offen stehen bleibt.

Da der Uebergang vom Brustregister sowohl ins Falset- als ins Strohbassregister und ebenso der Rückgang aus beiden letztern in ersteres immer ein etwas greller ist, so haben die industriellen Sänger noch für jede dieser Uebergangsregionen ein Zwischenregister erfunden, welches theils jenen Uebergang zu erleichtern, oder auch geradezu, wenigstens für Fälle, wo es sich um keine bedeutende Erhöhung oder Vertiefung des Brustregisters handelt, an die Stelle der beiden vorigen Register zu treten bestimmt ist. Das erhöhende Register wollen wir Kopf- oder Schlundkopfregister nennen: es erhöht das Brustregister, wofern sein Mechanismus schon auf den höchsten Brustnoten eingesetzt wird, um 3—4 Stufen und lässt sich dann immer noch, wenn die Organe gehörig eingeübt sind, ohne widrige Uebergangsgeräusche, ins eigentliche Falset überziehen. Der Klang der Töne des Schlundkopfregisters ist bei Sängern, die es gut in ihrer Gewalt haben, ein ziemlich angenehmer; der Ton hat einige Schärfe und

Bestimmtheit, lässt sich auch schwellen, ermangelt aber der Kraft, der Nachhaltigkeit und des Glanzes, der den Brusttönen eigen ist. — Das vertiefende Register, das hierher gehört, wollen wir das gedeckte oder das Kehlbassregister nennen (andere nennen es, oder etwas dem Aehnliches Judenbass; auch scheint Garcia's Contrabassregister hierher zu gehören), weil dessen Töne dumpfer und hohler klingen, als die tiefsten Töne des Brustregister, aber doch nicht so leer und arm an Ton sind, als der Strohbass, der dafür etwas mehr Schärfe oder Intensität besitzt. Es liegt übrigens letzterem vollkommen parallel, wenn dieses letztere auch eine grössere Tiefe gestattet, als ersteres.

Somit hätten wir am lebenden Stimmorgane nach dem blossen Gehör eben so viel Stimmregister kennen gelernt, als am ausgeschnittenen Kehlkopf. Ob dieselben einander wirklich und vollkommen entsprechen, werden wir weiter unten näher untersuchen.

Ausser oder neben den Registern erkennt das Ohr noch gewisse Verschiedenheiten der menschlichen Stimmtöne, die zunächst durch das sogenannte Timbre oder die Klangfarbe bedingt werden. Von den neuern Gesangtheoretikern hat namentlich Manuel Garcia*) diese Klangverschiedenheiten (Timbres) untersucht. Timbre ist, sagt er, der eigenthümliche, variable Charakter, den jedes Register und jeder Ton, abgesehen von seiner Intensität, annehmen kann, und zwar in Folge gewisser sowohl in der Organisation des individuellen Stimmorgans und Gesammtorganismus liegender, als auch durch verschiedene Bewegungen der Organe des Ansatzrohrs gesetzter Bedingungen (wovon später). Diese Timbremodifikationen reducirt Garcia auf zwei Haupttimbres, das helle und das dunkle. Der Stimmapparat kann einen Ton nur mit dem einen oder dem andern Timbre erzeugen, und jedes Timbre drückt seinen Charakter der ganzen Ausdehnung der Stimme auf. Die Bruststimme erhält durch das helle Timbre ihren Glanz; sie kann aber bei Uebertreibung dieses Timbres schreiend und bellend (glapisante) werden. Durch das dunkle Timbre dagegen erhält die Bruststimme das Eindringliche (mordant) und Abgerundete, Volle (rondeur): bei Uebertreibung dieses Timbres erstickt der Ton, wird dumpf und rauh. Der Einfluss der Timbres tritt nach G. weniger bei den tiefen, als bei den hohen Tönen eines Registers hervor. So sollen die Töne e^1—h^1 mit voller Brust gesungen durch das dunkle Timbre einen dramatischen Charakter erhalten, was zu der Annahme verleidet habe, als werde diese Wirkung durch eine voix mélée, sombrée erzeugt. Beim Falset soll die Wirkung der Timbres, obwohl durchaus vorhanden, weniger frappant sein, als beim Brustregister. Dagegen werden die Kopftöne (Garcia's: ob dieselben mit unserem Schlundkopfregister übereinstimmen, werden wir später sehen) durch das dunkle Timbre auffallend modificirt: sie sollen dadurch rein und durchsichtig werden, wie die Töne einer Harmonika. — Ausserdem giebt es nach Garcia viele Modifikationen beider Timbres, die sich bald dem einen, bald dem andern mehr annähern, und im Allgemeinen als Fehler im Gesange betrachtet werden müssen. Hierher gehört das gutturale Timbre, wo die Stimme wie zerquetscht (écrasée) erscheinen soll; das nasale Timbre, die näselnde Stimme, das runde (?) Timbre, wo die Stimme eklatant, aber arrondirter, als beim hellen Timbre erklingen soll;

---

*) Ecole du Chant, Paris 1840. in 4to.

das rauhe Timbre, wo sich in Folge gewisser in den Luftstrom gerathender Hindernisse ein Geräusch der Stimme beimischt, die dadurch nach Umständen rauh, hohl, erstickt, gestopft (assourde u. s. w.) wird, auch die Kopfstimme nur schwierig und in geringer Ausdehnung zu Stande kommt.

Ausser und neben diesen Tonqualitäten müssen wir hier noch verschiedene andere, von den Unterschieden der Register und des sogenannten Timbre (im engern Sinne) mehr oder weniger unabhängige Modifikationen des menschlichen Tons aufführen, welche sämmtlich nach dem blossen Zeugniss des Gehörorgans unterschieden worden sind.

Nach der verschiedenen Art und Weise, mit und in welcher das Gehörorgan durch einen gewissen Ton afficirt wird, erscheint uns derselbe mit folgenden Eigenschaften: 1) schwach, dünn, klein, leer, matt; oder: stark, dick, gross, voll, kräftig; 2) fein, zart; oder: grob, plump, rauh; 3) scharf, spitz, sonor, gellend, offen, hell, metallisch, glänzend; oder: stumpf, dumpf, gedämpft, gestopft, gedeckt, getrübt, heiser, belegt, abgeblasst u. s. w.

Nach der Art der Bildung, des Einsatzes und der Bewegung des einzelnen Tones: scharf, bestimmt einsetzend, ben marcato, sforzato, crescendo, decrescendo, messa di voce, tenuto, tremolando, weich einsetzend, grell loslassend, sich verlierend (perdendosi), ersterbend (morendo) u. s. w.

Nach der Art der Verbindung der Töne mit einander: staccato, legato, portamento, Zusammenfliessen der Töne, Vorschlag, Nachschlag u. s. w.

Fehlerhafte Erscheinungen: Umschlagen und Ueberschlagen des Tones unfreiwilliges Ausgehen und Abbrechen oder Versagen des Tones, Interferenzgeräusche, Detoniren, Tremuliren u. s. w.

Alle diese und viele andere Erscheinungs-, Bildungs-, Verbildungs- und Verbindungsweisen und sonstige Eigenschaften der Töne des menschlichen Kehlkopfs, wie wir sie bisher fast nur durch unser Gehörorgan aufzufassen gewohnt waren, müssen nun Gegenstand unserer genauern, sich auf das Ohr nicht allein verlassenden, wohl aber an das Zeugniss desselben anknüpfenden, wissenschaftlichen oder physiologischen Untersuchung werden. Es ist eine gewaltige Aufgabe, die hier vorliegt, und doch immer noch nicht die einzige, die zu lösen ist, um ans Ziel zu kommen: nun, wir wollen sehen, wie weit wir mit unsern schwachen Mitteln gegen das „Innere der Natur“ hier vordringen werden. Zunächst gebrauchen wir dazu unser Seh- und Gefühlsorgan.

2) Die sicht- und fühlbaren Phänomene am und im menschlichen Stimmorgan.

a. Autopsie des innern Kehlkopfs.

Nur selten hat sich bis jetzt die Gelegenheit geboten, durch grosse klaffende Wunden ins Innere des lebenden, in phonischer Thätigkeit begriffenen Kehlkopfs sehen zu zu können. Mende*) beobachtete an einem Selbstmörder, der sich durch ein Scheermesser das Zungenbein und den Kehldeckel an seiner Wurzel vom Schildknorpel abgeschnitten hatte, wie beim Ausathmen die wulstigen Ränder der Stimmritze (leider lässt sich aus der

*) Von der Bewegung der Stimmritze beim Athemholen etc. Greifswald 1816.

Beschreibung nicht bestimmt erkennen, ob unter diesen Wülsten die Taschenbänder oder die Stimmbänder gemeint sind) sich gegen einander wälzten und der Ansatzpunkt des Kehldeckels sich ein- und abwärts zog, wobei sich der Schildknorpel ein wenig hob, so dass die Oeffnung nach dem jedesmaligen Ausathmen und bis zum neuen Einathmen ganz verschlossen war, und die Ränder der Stimmritze (?) dicht aneinander lagen. Bei Versuchen, einen Ton zu geben, gerieth die Stimmritze in eine zitternde Bewegung, wobei ein röchelnder, schwacher und abgebrochener Ton entstand. Auch andere Beobachter (Bell, Dunglison, Bichat, Malgaigne, Stilling) sahen bei ähnlichen Gelegenheiten, wie die Glottis beim Inspiriren erweitert, beim Exspiriren verengert wurde. Magendie*) hat an lebenden Thieren, deren Stimmritze er blosslegte, beobachtet, dass deren Stimme durch Vibrationen der gegen einander bewegten Stimmbänder gebildet wurde. Eichmann**) beobachtete an einem Menschen, dessen Nase und Gaumen völlig zerstört war, dass vor jedem Laute, den derselbe hervorzubringen im Begriff stand, sich die Stimmritze verengte. Suchte derselbe bei Aufwallung oder Exaltation schnell und gewaltsam zu sprechen, so öffnete sich seine Stimmritze während des Ausathmens zuweilen plötzlich ungewöhnlich weit, bis zu 2 Linien, wobei keine Stimme erfolgte, obgleich der Mann ein bestimmtes Wort aussprechen wollte. Während ruhiges Gesprächs dagegen verengte sich zuweilen wie krampfhaft die Glottis momentan so sehr, dass mit einem feinen Zischlaute die Stimme für den Augenblick völlig erlosch. Weiter reichen meines Wissens die autoptischen Beobachtungen des Innern des Kehlkopfs nicht***). Wir lernen daraus wenigstens so viel, dass die Stimme im Leben wirklich auf denselben Organen erzeugt wird, auf welchen am ausgeschnittenen Kehlkopf die Tonbildung vor sich geht.

b. Stellungen und Bewegungen des Kehlkopfs und der übrigen Respirationsorgane während der Stimmgebung.

Wir haben bereits früher (S. 155 ff.) über die beim Athmen und beim Tongeben stattfindenden kombinirten Bewegungen des Kehlkopfs einiges mitgetheilt. Wir sahen, dass beim ruhigen, tonlosen Athmen der Kehlkopf seinen mittlern Standpunkt am Halse nicht merklich verändert, dass er dagegen bei tiefem, forcirtem Einathmen sich tiefer stellt, weil die Luftröhre erweitert, und dadurch auch verkürzt wird, während er beim verzögerten Ausathmen (bei verengter Glottis) in entsprechendem Grade (durch Verlängerung der Luftröhre in Folge, wie es scheint, ihrer Verengung) in die Höhe steigt. Wir haben diese Verhältnisse jetzt genauer zu untersuchen.

Wir haben bei den hierher gehörigen Beobachtungen und Messungen Rücksicht zu nehmen: auf den Stand und die Haltung des Kehlkopfs überhaupt; auf das Steigen und Fallen desselben bei den verschiedenen Tonmodifikationen, Registern, Manieren, Passagen, Vortragsweisen u. s. w.; auf den Umfang des Halses, namentlich in wie weit sich derselbe durch

*) Précis élémentaire de Physiologie. Paris 1816. Tome I. Pag. 210.
**) Rheinisch-westphäl. Corresp.-Blatt. Bd. 4. No. 12. 13
***) Ueber Garcia's an seinem eigenen Stimmorgan angestellte Inspektionen des innern Kehlkopfs werden wir weiter unten sprechen.

Vor- oder Zurückziehen des Kehlkopfs, sowie durch Anspannung gewisser Halsmuskeln ändert; auf die Veränderungen, welche an der Regio excisurae et prominentiae thyreoid. stattfinden; auf die Stellung des Zungenbeins zum Kehlkopf und zum Kinn; auf die verschiedenen Zustände der Muskeln, nicht nur der direkten Hebe- und Senkmuskeln des Kehlkopfs, sondern auch der seitlich liegenden, besonders des Sternocleidomastoideus, sodann der Muskeln, die das Zungenbein heben, nach vorn und nach hinten ziehen, der Schlundkopfmuskeln u. s. w. Bei vielen dieser Beobachtungen wird es auch nöthig sein, auf den Zustand der Thorax- und Abdominalmuskeln genau Acht zu geben, und die in Exspiration begriffene Luft wenigstens annäherungsweise auf Volumen und Tension zu schätzen.

α. Betrachtung der Kehl- oder Halsgegend überhaupt.

Um einen sichern Ausgangspunkt für diese Beobachtungen und Untersuchungen zu gewinnen, ist es nöthig, dass wir vor Allem die Kehlgegend des Menschen in ihrer ganzen Ausdehnung etwas genauer ins Auge fassen. Diese Gegend (Fig. 157) wird osteologisch begrenzt von den beiden Pro-

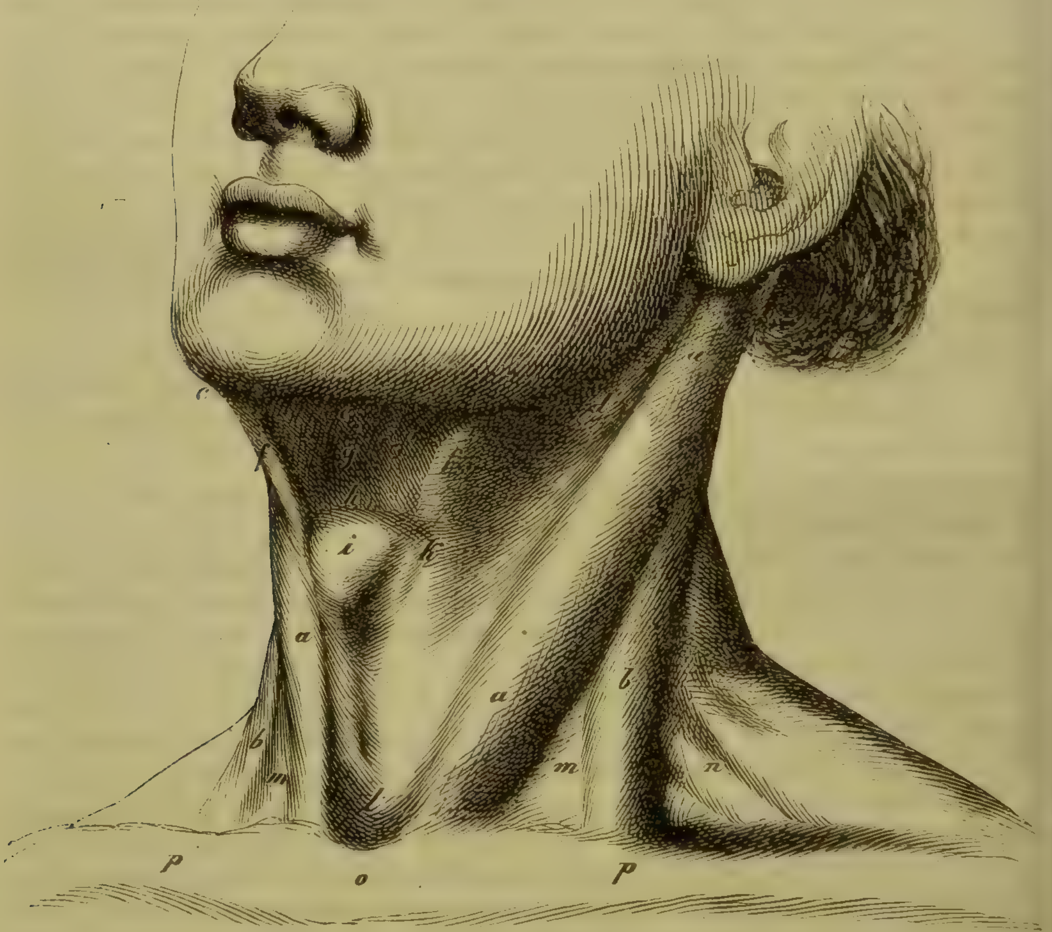


Fig. 157.

cessus mastoidei der Schläfenbeine, vom ganzen untern Saume des Unterkiefers, und von dem obern Rande des Handgriffs des Brustbeins, nebst dem grössern Theile beider Schlüsselbeine. Alles, was zwischen diesen festen

Punkten aufgespannt ist und hier überhaupt zum Vorschein kommt, gehört zur Kehlgegend in dem weitern Sinne, in welchem wir sie zu betrachten haben. Vom untern Saume des Unterkiefers und den beiden Musculi sternomastoidei (*a a a*) wird ein Dreieck begrenzt, dessen Basis nach oben, dessen Spitze nach unten gekehrt ist: wir wollen es schlechthin das grosse Kehldreieck nennen. Es erscheint am deutlichsten und vollständigsten, wenn man den Kopf etwas nach hinten bewegt, so dass das Kinn etwa in gleiche Höhe mit der Spitze der Processus mastoidei kommt. Bei mässig gesenktem oder geradaus gehaltenem Kopfe erscheinen von der obern Grenzlinie dieses Dreiecks aus zwei Einziehungen der Haut, die Kinnfurche (*c — e*), welche die Weichtheile des untern Randes des Mitteltheiles des Unterkiefers oder die Kinnfalte nach unten abgrenzt; und unter dieser die wulstigere, breitere Kehlfalte, die nach unten von der Kehlfurche gebildet wird, welche in der zwischen M. sternocleidom. und aufsteigendem Aste des Unterkiefers liegenden Gegend beginnt, in die Gegend, wo der Körper des Zungenbeins (*g*) zu fühlen ist, herabgeht und von da sich wieder gegen den andern Winkel und obern Ast des Unterkiefers auf- und seitwärts zieht. Oft ist sie doppelt. Zwischen dem Seitentheil dieser Furche und dem Musc. sternocleidomastoideus bildet sich wieder eine Vertiefung oder Grube (*d*), die wir die obere Halsgrube nennen wollen. Die Gegend des Körpers des Zungenbeins (*g*) hat an sich wenig markirtes, nur dass sie die stärkste Einbeugung der ganzen Fläche der Kehlgegend darstellt. Bei vielen phonischen Vorgängen und Kehlkopfbewegungen wird die Kehlfurche verwischt und es treten neue Vertiefungen und Falten auf, namentlich die obere Kehlgrube, wenn die innern Bäuche der beiden Musculi digastrici maxillae (*f f*) anschwellen und hervortreten: diese Grube (*e g h*) liegt in der Mittellinie und zieht sich von der Kinngegend bis gegen das Zungenbein und die Excisur des Schildknorpels hin, absorbirt dabei das kleine Kehldreieck, und ist beim Schlingen, wo Zungenbein und Kehlkopf überhaupt am höchsten und am meisten rückwärts gezogen ist, am merklichsten und tiefsten. Ferner unterscheiden wir die Stimmfalten, zwei bis drei kürzere und dünnere Hautprominenzen, die sich bei mehrern Stimmphänomenen unter der Kehlfalte in der Gegend der Excisur des Schildknorpels eine über der andern bilden (bei *k*), parallel mit der Kehlfalte seit- und aufwärts bogenförmig sich hinziehen und gegen die obere Halsfurche hin sich verlieren. Zwischen der untern Kehlfurche und dem Pomum Adami erscheint ein kleineres Dreieck, das kleine Kehldreieck (*i*), dessen Basis (*h*) von jener Furche, dessen Spitze vom Pomum, die Seitenschenkel vom abwärts gehenden Theile des obern Rands des Schildknorpels gebildet werden, und dessen Fläche beim Manne nach vorn und etwas nach oben sieht. Es entspricht so ziemlich der obern Apertur des Schildknorpels nebst der Gegend des Körpers des Zungenbeins. Mit den Fingern untersuchend kann man von hier aus so ziemlich den ganzen Umfang des Zungenbeins sammt seinen grossen Hörnern, so wie auch darunter so ziemlich den ganzen obern Rand des Schildknorpels erfühlen. Man kann eine Fingerspitze in den ausgeschweiften Raum zwischen dem grossen Horn des Schildknorpels und der obern Prominenz desselben, die man deutlich fühlt, legen: diese Stelle entspricht namentlich der obern Halsgrube; bei genauerer Untersuchung vermag man auch das grosse Horn des Schildknorpels, das sich an den Körper des Musc. sternocleidomast. anlegt, zu fühlen, und

danach die ganze Breite und Weite des Kehlkopfs zu bemessen. In der Mitte des obern Schildknorpelrandes erschwert der Musc. hyothyreoid. einigermaassen die Untersuchung, besonders wenn derselbe angespannt ist. Die Grube oder Vertiefung, welche zwischen den beiden Mm. sternocleidomast., dem obern Rande des Sternum, und dem hervorragenden Theile des Kehlkopfs liegt, und welche bei manchen phonischen Vorgängen sich sich sehr merklich aushöhlt, nennen wir die untere Kehlgrube (*l*), in deren Grund der Ringknorpel und die obere Partie der Luftröhre liegt. Endlich bemerken wir zwischen den beiden Bäuchen des M. sternocleidomastoideus (*a* und *b*) und dem Schlüsselbein (*p*) eine dreieckige Vertiefung die untere Halsgrube (*m*), welche bei Anspannung dieses Muskels noch wahrnehmbarer wird, wobei auch in der obern Ecke derselben das Muskelspiel des M. omohyoideus (*n*) zu erkennen ist.

Die Stellung, welche der Kehlkopf im ruhigen, indifferenten Zustande der Respirationsthätigkeit einnimmt, der statische Nullpunkt des Kehlkopfs (als Index desselben betrachten wir den hervorragendsten Punkt des Schildknorpels) ist etwa in der Mitte des Halses gelegen, und steht derselbe bei mir (bei einer Halslänge [vom obern Sternalrande bis zum Kinn gerechnet] von etwa 5½″ bei ruhiger, mittlerer Haltung des Kopfes und bei stehendem Körper) von der Incisura sterni 2″ 2 — 5‴, von der Wölbung des fühlbaren Körpers des Zungenbeins 1″ 2‴ und vom Kinn (die Kurve gerechnet) 3″ 2‴ ab. Mein Kehlkopf misst vom Vorsprung des Schildknorpels bis zum untern Rand des Ringknorpels 1½″, welcher letztere demnach vom Sternum etwa 10‴ entfernt ist. Sobald ich den Mund öffne, steigt der Kehlkopf etwas herab, zuweilen genau so viel, als die Entfernung der beiden Kinnladen von einander betrug, durchschnittlich etwa 5 bis 7‴. Bei weiterer Mundöffnung, bei starken Tönen, beim Gähnen rückt der Kehlkopf so tief herab, dass der untere Ringknorpelrand so ziemlich ins Niveau des Sternalrands kommt. Diese schon ohne alle Tongebung stattfindenden Bewegungen des Kehlkopfs muss man wohl ins Auge fassen, wenn man die bei den Tonphänomenen eintretenden richtig würdigen will.

Was diese, so wie die nun folgenden Messungen des Kehlkopfstandes bei verschiedenen Tonphänomenen überhaupt anlangt, so bemerke ich von vorn herein, dass dieselben immer nur ungefähre Grössen darstellen, die nur durch Vergleichung unter einander ihren Werth erhalten; dass man unter scheinbar gleichen Verhältnissen fast nie gleiche Angaben erhält, sondern dass in dieser Hinsicht immer ein gewisses Schwanken stattfindet, dessen Bereich von verschiedenen Zufälligkeiten, besonders von der gerade vorhandenen Ansprucksfähigkeit des Kehlkopfs bestimmt wird. Dazu kommt der Mangel an hinlänglicher Genauigkeit hinsichtlich der Bestimmung der beiden Grenzpunkte, deren Abstand zu messen ist: der obere Sternalrand ist gewölbt und ziemlich breit, auch die Eminenz des Schildknorpels hat eine gewisse Ausdehnung: wenn man also, wie ich gethan habe, mit dem Zirkel operirt, so ist man in der Regel hinsichtlich des Aufsetzungspunkts in einiger Unsicherheit, und Schwankungen innerhalb 1 — 2‴ werden hier fast nie zu vermeiden sein. Man hat daher schon aus diesem Grunde mit der Bestimmung nach Pariser Linien ein vollkommen ausreichendes Rechnungsmaass, und Angaben nach Millimetern, wie sie Harless u. A. geliefert haben, erscheinen bei obwaltenden Umständen beinahe lächerlich. Hierzu kommt, dass man kein absolutes Punktum fixum hat, von welchem aus man die Be-

wegungen des Kehlkopfs misst. Das Sternum kann nur für sehr leise Respirationen als immobil betrachtet werden, während es bei jeder tiefen Inspiration sich ein Stück hebt, ohne dass der Kehlkopf dieser Bewegung folgt, und man läuft hier oft Gefahr, eine Bewegung des Kehlkopfs anzunehmen, wo doch nur das Sternum sich bewegt, oder wenigstens ein Herabsteigen des Kehlkopfs grösser anzugeben, wo gleichzeitig ein Steigen des Sternums stattfindet. Nimmt man, wie ich auch gethan habe, das Gaumengewölbe als Punktum fixum, so hat man vorerst einen Fixirungsapparat für den Kopf nöthig, eine Sache, die gewöhnlich auch ihre Schwierigkeiten hat.

Demnach darf man bei diesen Untersuchungen nie ängstlich nach einem absoluten Betrage der Ortsveränderung grübeln, sondern soll sich vorzugsweise um die relativen Differenzen bekümmern, ähnlich wie für die meteorologischen Barometerbeobachtungen das Steigen und Fallen des Quecksilbers immer nur durch Vergleichung mit dem vorhergehenden Stande seinen Werth erhält. Denn nicht allein die phonischen Vorgänge, sondern auch noch manches Andere ändert den Kehlkopfstand, wie wir jetzt näher betrachten wollen.

β. Ursachen der Aenderung des Kehlkopfstands überhaupt.

Da der Kehlkopf nicht nur behufs phonischer Zwecke, sondern auch für manche andere Lebenszwecke seinen Standpunkt vom Nullpunkt ab verändert, bisweilen auch nur einer andern, primären Bewegung associirt wird, so ist es vor Allem nöthig, dass wir diese verschiedenen Bewegungen nach ihren Ursachen kennen lernen, damit wir bei unsern weitern Beobachtungen das, was auf Rechnung phonischer Modifikation kommt, von dem nicht dazu Gehörigen zu unterscheiden in den Stand gesetzt werden.

Der Kehlkopfstand weicht, wie bereits erwähnt, schon beim blossen Oeffnen des Mundes von Null ab, insofern dabei die Zungenwurzel nebst Zungenbein einigermaassen herabsteigt, nicht nur um der exspirativen Luft Eingang in die Mundhöhle, sondern auch um dem Musc. digastricus maxillae inf. einen freiern Spielraum behufs seiner, die Herabziehung des Unterkiefers bewirkenden Kontraktion zu verschaffen. Der Kehlkopf sinkt dabei ganz mechanisch ein Stück herab, er wird nur einfach niedergeschoben: es hat also diese Bewegung gar nichts Specifisches, es ist eine blosse zufällige oder nothwendige Mitbewegung. Der Betrag derselben steht so ziemlich in Verhältniss zur Divarication der beiden Kiefer. In einigen Fällen stieg der Kehlkopf ebenso weit herab, als die Breite der Mundöffnung betrug; gewöhnlich aber etwas weniger. Bei sehr weiter Mundöffnung, z. B. beim Gähnen, rückt der Kehlkopf so tief, als er überhaupt herabsteigen kann, d. h. etwa 1" unter Null, so dass der untere Ringknorpelrand ins Niveau des Normalrandes kommt, und die ganze Luftröhre in die Brusthöhle hineingezogen ist.

Bei jeder tiefen Inspiration, die mit geöffnetem Munde vollzogen wird, fällt der Kehlkopf, auch wenn dabei keine Tonbildung stattfindet, um so tiefer, als die Inspiration selbst tief ist, wobei man jedoch, wenn man diesen Betrag der Ortsveränderung nach dem Abstand des Pomum vom Sternum misst, das gleichzeitige Aufwärtstreten des letztern Organs mit in Anschlag bringen und vom Betrage jenes Abstands abziehen muss, wenn man nicht in Irrungen gerathen will. Am sichersten geht man daher bei sol-

chen Messungen in Fällen, wo man ein Aufsteigen des Sternum zu erwarten hat, wenn man den Abstand des Pomum von der Wölbung des harten Gaumens bestimmt, wobei freilich der Kopf des zu Untersuchenden festgehalten werden muss*). Um nun hier genauer zu erfahren, wieviel bei dieser Lageveränderung auf Rechnung der blossen Mundöffnung, und wie viel auf die Inspirationsbewegung kommt, inspirire man bei geschlossenem Munde. Man wird hier in der Regel finden, dass der Kehlkopf, auch wenn die Inspiration ziemlich tief geht, unverrückt auf seiner Stelle bleibt, wenigstens seine Stellung zum Gaumen nicht erheblich ändert, dagegen das Sternum sich nach Maassgabe der Inspiration etwas, von 1—4‴ hebt. Nur wenn während des Inspirirens Luft gesaugt wird, d. h. wenn die Backen, die Lippen und die obern Halsgruben sich einwärts ziehen, dann fällt der Kehlkopf, und zwar oft sehr bedeutend, wie man z. B. beim Rauchen einer schwer gehenden Cigarre deutlich beobachten kann. Man kann aber bekanntlich mit dem Munde saugen, ohne zu inspiriren: wir müssen daher den Einfluss des Saugens von dem des Inspirirens unterscheiden.

Dagegen steigt der Kehlkopf, und zwar von den dabei stattfindenden Phänomenen unabhängig, wenn allmälig die vorräthige Luft ausgeht, und nur noch mit schwachem Athem Töne gegeben werden. Diese Beobachtung ist wichtig, und wir werden im Folgenden darauf zurückkommen.

Endlich müssen wir auch hier schon den Einfluss erwähnen, welchen die Verschiedenheit der Vokalisation und Artikulation auf den Stand des Kehlkopfs ausübt. Die gewöhnlichen bei nachstehenden Versuchen erzeugten Stimmphänomene gelten für den Vokal A, den wir als Normalartikulation der menschlichen Stimme betrachten. Sobald man aber caeteris paribus aus der A-Phonation in die des E übergeht, da hebt sich der Kehlkopf in merklichem Betrage, und noch mehr bei I. Bei O dagegen senkt er sich in gleicher Weise unter die A-Lage: bei U bleibt er so ziemlich auf derselben Stelle, wie bei A. Ebenso wird für die Artikulation des K, T, S und einiger anderer Laute der Kehlkopf mehr oder weniger gehoben. Genaueres hierüber werden wir erst in der folgenden Hauptabtheilung dieses Werks vorbringen können.

Alles dieses muss aber der Beobachter wissen und fortwährend berücksichtigen, wenn er bei seinen phonischen Experimenten die Veränderungen des Kehlkopfstandes nach ihrem Werthe als Modifikatoren des Tones genau abschätzen will.

γ. Spielraum des Kehlkopfs.

Eine wichtige Funktion des menschlichen Halses ist jedenfalls die, eine freie Schienenfläche für die Bewegungen des Kehlkopfs darzubieten. Beim Menschen wird geradezu der ganze disponibele Halsraum für diese Bewegung in Anspruch genommen. Fangen wir den Hals mit der vorhin bezeichneten Kehlfalte an, und lassen wir ihn mit der Incisur des Brustbeins aufhören, so finden wir diesen ganzen über 3″ langen Raum zur Bewegung des Kehlkopfs benutzt. Denn beim tiefsten Athemholen und bei Erzeugung der tiefsten Brusttöne sinkt der Kehlkopf so tief, dass oft selbst vom Arcus cricoideae nichts mehr gefühlt werden kann, und beim Schlingen steigt er so hoch,

*) Bei Selbstbeobachtungen, die man vor dem Spiegel anstellt, fixire man mit den Augen die Spitze der Nase und der beiden Ohrläppchen, bringe erstere mit den letzteren in eine gerade Linie, und halte diese möglichst fest: so wird man ziemlich sichere Messungen anstellen können.

dass das Pomum hinter der Kehlfalte verschwindet, was einen Spielraum von etwa 2″, oder einer Elevation und einer Depression von je 1″ vom Nullpunkt ab entspricht. Bedenken wir nun, dass die ganze Luftröhre im erschlafften Zustand nur etwa 4″ lang ist, so müsste uns diese bedeutende Beweglichkeit fast unbegreiflich vorkommen, wenn wir nicht annehmen, dass ausser der Luftröhre auch die beiden Bronchien eine entsprechende Ausdehnung zulassen; abgesehen von dem Einfluss, den die Niveauänderungen des Zwerchfells unter Umständen auf die Luftröhre u. s. w. ausüben können. Erwägen wir ferner die grosse Verschiedenheit, welche bei der Halslänge der einzelnen Individuen stattfindet, so leuchtet uns sofort auch der grosse Unterschied im Spielraum des Kehlkopfs ein, sowie die Bedeutung, welche die Halslänge eines Individuums für dessen phonische Befähigung haben muss. Denn bei einem langen Halse kann der Kehlkopf seinen Nullpunkt weiter über- oder unterschreiten, als wo der Hals kurz ist. Da nun aber die Auf- und Niederbewegung des Kehlkopfs ein tonabstufendes Mittel ist, wie wir bald genauer einsehen werden, so wird auch ein langhalsiges Individuum caeteris paribus im Besitz eines weiterreichenden Tonabstufungsmittels sein, als ein kurzhalsiges.

δ. Kehlkopfstand im Allgemeinen.

Wir sprachen oben von einem Nullpunkte des Kehlkopfs, womit wir die Stellung oder Lage dieses Organs bezeichneten, welche es bei ruhiger, leiser Athembewegung annimmt und behauptet. Wir verlegten diesen Punkt behufs der anzustellenden Messungen des Kehlkopfstandes in die grösste Konvexität des Kehlkopfs, oder des Pomum Adami, der Prominentia cartil. thyreoideae. Die Lage dieses Nullpunkts am Halse bestimmen wir, indem wir den Abstand desselben entweder von der Incisura Sterni oder vom gewölbtesten Theile des Gaumens messen. Bei mir beträgt ersterer Abstand 2″ 2 bis 5‴, letzterer etwa 3″ 6‴. Wegen der bei der Exspiration fast immer vorhandenen Bewegung des Brustbeins nach oben ist es rathsamer, den Nullpunkt und die Abweichungen von demselben lieber nach dem Abstande des Pomum vom Gaumengewölbe (natürlich bei gleichbleibendem Stande des Kopfes) zu bestimmen, als nach dem Abstande vom Brustbein. Wir nannten ferner diesen Nullpunkt des Kehlkopfs den statischen, weil wir noch von einem andern Null- oder Indifferenzpunkt des Kehlkopfs zu sprechen haben, welchen wir den phonischen nennen wollen, durch den wir den mittlern Spannungszustand der Stimmbänder und überhaupt die gegenseitige Lage der Kehlkopftheile bezeichnen, welche bei Angabe der mittlern Töne, in welchen sich das Stimmorgan bei der gewöhnlichen Sprache bewegt, stattfindet; bei welcher also sowohl das Ligam. cricothyreoideum als auch die Ligg. phonica sich auf ihrem mittlern, einander kompensirenden Spannungsgrade befinden, bei welcher keine Aktion der kleinen Stimmmuskeln des Kehlkopfs einseitig vorherrscht. Dieser phonische Nullpunkt des Kehlkopfs ist also kein sichtbarer oder direkt mit dem Zollstab messbarer, sondern ein nur hörbarer, durch Messen und Vergleichen der Schwingungszahl bestimmbarer, und fällt meistens mit einem Standpunkte des Kehlkopfs zusammen, der einige Linien unter dem statischen Nullpunkte desselben liegt.

Für manche Bestimmungen und Erörterungen wird es ferner nicht unangemessen sein, einen phonischen und einen aërischen oder inspiratorischen

Kehlkopfstand zu unterscheiden, obwohl eine strenge Definition beider nicht gut möglich ist. Der phonische Kehlkopfstand richtet sich nach der phonischen Weite der Glottis und nach der Schwingungszahl des beabsichtigten Tones: seine Höhe steht im Allgemeinen und bei gleichbleibendem Register in geradem Verhältniss zur Höhe oder zur Schwingungszahl des Tones. Der aërische Standpunkt des Kehlkopfs wird zunächst von der Quantität und der Tension der inspirirten und gegen die Glottis bewegten Luft bestimmt. Je tiefer behufs einer voraussichtlich viel Luft und Spannung konsumirenden Tonreihe inspirirt wird, desto tiefer fällt und stellt sich der Kehlkopf, mag der erste zu leistende Ton ein tiefer oder ein hoher sein. Je mehr Luft dagegen im Verlaufe der Phonation verwendet worden ist und je mehr deren Spannung sinkt, desto mehr steigt der Kehlkopf, auch wenn die Schwingungszahl des zu gebenden Tons fällt: es ist demnach der aërische Standpunkt vom phonischen in dieser Hinsicht unabhängig. Der aërische Standpunkt des Kehlkopfs scheint zunächst von der Lage des Zwerchfells bestimmt zu werden, das bei tiefem Einathmen auch fällt, beim Ausathmen steigt. Er muss womöglich vom Gaumengewölbe ab gemessen werden, weil das Sternum bei diesen Stimmphänomenen stets merklich gehoben wird, sobald die Inspiration eine tiefe ist, während es natürlich bei allmälig ausgehender Luft wieder auf seinen Null- oder Indifferenzpunkt zurücksinkt, und denselben sogar überschreitet.

Endlich ist die Stellung des Kehlkopfs am Halse, abgesehen von aller Höhe und Tiefe, eine mehr oder weniger laxe oder fixe, das heisst, der Kehlkopf lässt sich bald leicht, bald schwer aus der Mittellinie des Halses seitwärts verschieben. Dieser Fixationsgrad des Kehlkopfs steht im Allgemeinen mit dem Tensionsgrad der expirativen Luftsäule in geradem Verhältniss, während er vom Standpunkt des Kehlkopfs zum grossen Theile unabhängig ist. Im Allgemeinen fallen jedoch hohe Fixationsgrade mit einem tiefen Standpunkte des Kehlkopfs zusammen, weil zu jeder ausgiebigen Halsmuskeloperation ein grösseres Volumen Anspruchsluft erfordert wird, bei dessen Fassung der Kehlkopf immer eine tiefe Stellung einnimmt.

c. Töne bei geschlossenem Munde, zunächst Brusttöne.

Wir beginnen unsere speciellen Betrachtungen und Auskultationen mit den der Artikulation noch nicht unterworfenen, bei geschlossenem Munde, also bei noch ganz ungestörten mechanischen Verhältnissen der Halsorgane erzeugbaren Tönen, damit wir erst das Einfache kennen lernen, bevor wir zum Komplicirterem fortschreiten.

Giebt man einen tiefen, möglichst genau dem phonischen Nullpunkt entsprechenden Ton sehr piano bei gewöhnlicher Respirationsthätigkeit und bei geschlossenem Munde an, so wird man Folgendes wahrnehmen. Der Kehlkopf, zunächst das Pomum, das wir immer, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist, als Index annehmen, erhält bei Eintritt oder Einsatz des Tones einen kleinen Ruck auf- und ein wenig vorwärts, ohne sonst von seinem statischen Nullpunkt erheblich abzuweichen. Die beiden Schildknorpelflügel scheinen einander ein wenig genähert zu werden. Während des Tönens treibt sich die Bedeckung der Excisura thyreoideae etwas auf, und theilt der leise aufgelegten Fingerspitze die Vibrationen der hier anprallenden tönenden Luftsäule mit. Die Dimensionen des Ansatzrohrs werden dabei nicht merklich geändert, das Zungenbein behält seinen mittlern Abstand vom Po-

mum, es nähert sich aber letzteres dem ersteren, sobald der Ton länger gehalten wird: sonst ist jedoch nirgends eine das Mittel oder den Indifferenzzustand überschreitende Muskelaktion wahrzunehmen, der Kehlkopf steht lax und ist leicht seitlich verschiebbar. Einen solchen Ton, z. B. As, vermochte ich nicht über 10—12 Sekunden zu halten. Die Nasenlöcher wurden dabei in ihren Dimensionen nicht erheblich geändert.

Wenn ich nun von diesem Tone aus bei gleicher Lufttension, nach einer neuen, nicht tiefern Inspiration, eine Oktave aufwärts gehe, zunächst stufenweise, in nicht zu langsamem Tempo, etwa in Zeit von 2 Sekunden, so rückt das Pomum ebenso schrittweise in die Höhe, etwa 2 — 3 Linien hoch, zugleich etwas vorwärts; der vom Unterkiefer begrenzte Raum wölbt sich nach unten, und die untere Kehlfurche rückt etwas herab und merklich vorwärts, sowohl dem Kinn als auch dem Pomum entgegen, so dass das kleine Kehldreieck sehr verkleinert wird. Während es anfangs (auf dem phonischen Nullpunkt) 1″ 2‴ in seiner Länge gemessen hatte, so maass es jetzt nur noch 9—10‴, war also 4—5‴ kürzer, sein Neigungswinkel zum Horizont dagegen schien um mehrere Grade grösser geworden zu sein. Noch deutlicher tritt dieser ganze Vorgang zu Tage, wenn man den Kopf etwas höher hält, als wir oben als Normalhaltung angegeben haben, wo sich die Ortsveränderungen des Zungenbeins sowohl als des Kehlkopfs besser sehen und fühlen lassen; am deutlichsten aber, wenn man bei oben erwähnter Kopfhaltung den tiefen und den 1 Oktave höhern Ton abwechselnd einigemale hintereinander, immer jedoch mit gleicher Luftgebung, bei gleichbleibendem Piano, angiebt. Man bemerkt dabei auch, dass die obere Halsgrube sich für den hohen Ton etwas vertieft, und die Nasenflügel für den tiefen Ton sich heben.

Die bei dieser Tonerhöhung stattfindenden Muskelbewegungen sind, soweit sie sich objektiv nachweisen lassen: 1) Fixirung des Zungenbeins überhaupt durch kombinirte Aktion der hintern Heber des Zungenbeins und der beiden Herabzieher desselben, um einen festen Ausgangspunkt für die Zugwirkung der beiden M. hyothyreoidei zu gewinnen; 2) Vor- und Aufwärtszug des Zungenbeins gegen das Kinn durch angemessene Verkürzung der Mm. geniohyoidei u. s. w.; 3) Hebung des Schildkorpels und durch diesen des ganzen Kehlkopfs mittels der Mm. hyothyreoidei; 4) angemessene Kontraktion der Mm. cricothyreoidei, um den Abstand der beiden Insertionspunkte der Stimmbänder nicht kürzer werden zu lassen, was sonst die isolirte Aktion des M. hyothyreoid. leicht bewirken könnte; 5) Kontraktion des M. laryngopharyngeus, um die Schildknorpelflügel einander zu nähern, den Kehlkopf von hinten aus zu heben, und den Pharynx in einer seiner nothwendigen Verkürzung angemessenen Spannung zu erhalten; 6) bei einigermaassen längerer Haltung des hohen Tones eine schwache Anspannuug des M. sternocleidomastoideus, die bei einigem Crescendo des Tones stärker wird, obwohl, wie ich ausdrücklich bemerke, das Sternum und die Clavicula nicht merklich gehoben wird; endlich 7) Einwärtsziehung der epigastrischen und mesogastrischen Gegend, wobei die Längenfurche ersterer sichtbar wird, und die ganze Bauchwand sich abplattet. Thätig sind dabei von den Exspirationsmuskeln der Rectus abdom., der Oblique descendens und Transversus, doch nur in mässigem Grade, ferner der Serratus anticus major, insofern er als Fixator der untern Apertur des Thorax wirkt, und der Zugkraft des Oblique descendens auf diese Weise einen Anhalt giebt, vergl. S. 27 und 64.

Diese Muskelaktionen stehen so ziemlich in geradem Verhältniss zur Schwingungszahl des geforderten Tones, so dass sie also um so mehr austragen, je höher der Ton ist.

Was die behufs des hohen Tones (as) erforderliche Luftquantität und Lufttension anlangt, so lässt sich auf dieselbe, wie ich denke, ein nicht unsicherer Schluss aus der Zeit ziehen, durch welche man diesen Ton halten kann. Während ich, wie schon erwähnt, den Tiefton As mit der Luft, die durch eine normale, mittlere Inspiration eingesogen wurde, nur etwa 10—12 Sekunden sicher aushalten konnte, vermochte ich den 1 Oktave höhern (as) bei sonst gleichen Verhältnissen etwa 18—20 Sekunden zu halten, ohne dass er unsicher oder schwankend wurde. So wie man nun aus der Zeit, die eine Flüssigkeit zum Ausfliessen braucht, auf die Grösse der Ausflussöffnung einen ziemlich sichern Schluss ziehen kann, so vermögen wir wohl auch aus den eben mitgetheilten Beobachtungen den Schluss zu ziehen, dass bei dem tiefen Tone die Stimmritze weiter, als beim hohen geöffnet sein muss. Doch wir müssen noch mehr beobachten, bevor wir an die innern Vorgänge gehen können.

Bei den bisherigen Versuchen suchte ich den Tensionsgrad der expirativen Luft so schwach, als für die Tonbildung möglich war, zu nehmen, und durfte dabei auch, um nicht unter den statischen Nullpunkt zu gerathen, nur mit gewöhnlicher Luftquantität operiren. Jetzt wollen wir mit mehr Luftvorrath experimentiren, weil wir mehr Kraft auf die phonischen Vorgänge verwenden wollen. Die Kehlkopfstellung wird hier eine gemischte, sowohl phonische, als aërische. Auch nach einer ziemlich tiefen Inspiration kann ich einen um den phonischen Nullpunkt liegenden Ton, z. B. A, B, bei guter Disposition so piano oder vielmehr pp einsetzen, dass der statische Nullpunkt dabei vom Kehlkopf kaum unterschritten wird, doch hat dieser Einsatz meist seine Schwierigkeit, obwohl man dabei den Vortheil hat, dass man auch mit dem Tone tiefer herabsteigen kann, als bei einer von Anfang tieferen Kehlkopfstellung. In der Regel aber stellt sich der Kehlkopf nach einer tiefen Inspiration auch tief, d. h. tiefer, als nach einer seichten, und zwar beträgt dieser Unterschied etwa so viel, als bei vorigen Versuchen der Abstand zwischen dem tiefen und dem eine Oktave höhern Tone betrug, so dass letzterer Ton, z. B. a oder as auf den statischen Nullpunkt zu stehen kommt, während bei ersterem (As) das Pomum etwa 4 Linien unter den statischen Nullpunkt sich stellt. Doch hängt es immer vom Grade des Piano ab, ob gerade der gedachte Ton oder ein etwas tieferer dem statischen Nullpunkt entsprechen soll. So kann ich nach tiefer Inspiration noch recht gut das H oder B auf den statischen Nullpunkt bringen.

Wenn ich nun nach einer tiefen Inspiration von diesem H oder B aufwärts bis h steige, so kann ich dieselben Muskeloperationen dabei beobachten, wie bei den vorigen, mit gewöhnlichem Inspirationsluftbetrage angestellten Versuchen. Bei gehöriger Ruhe bleibt hier die Mitwirkung des Musc. sternocleidomastoideus fast ganz ausgeschlossen, ebenso ist an den Unterleibsmuskeln nichts Aussergewöhnliches zu beobachten; nur das kleine Kehldreieck zeigt die bekannte Reduktion, welches überhaupt bei allen phonischen Abstufungen den wichtigsten Maassstab abgiebt. Der Kehlkopf steht dann etwa 4—5‴ über Null, oder auf + 4 bis 5. Desgleichen rückte er für c—c¹ von + 2 bis auf + 6. Dieses c¹ war beiläufig der höchste Ton, den ich mit dem Brustregister bei geschlossenem Munde piano angeben

konnte: es war nur schwer ohne Tremolo zu halten und ermüdete die betheiligten Muskeln.

Nach unten rückt beim Absteigen des Tons der Kehlkopf sammt dem Zungenbein, dessen Abstand vom Schildknorpel dabei nicht merklich verändert wird, von c, H oder B (als phonischem Nullpunkt, welcher je nach der Anspruchsfähigkeit des Organs wechselt) bis F oder bei guter Disposition E und selbst D, natürlich alles Piano, nicht in gleichen Schritten. Die ersten Schritte sind klein, die mittlern grösser, der letzte ist sehr gross, und beträgt bei mir gewöhnlich so viel, als die bisherigen zusammengenommen. Der tiefste phonische Kehlkopfstand, dessen mein Organ bei guter Disposition (z. B. frühmorgens) fähig ist, beträgt 1″ 3 bis 5‴ vom Sternum ab, oder — 10 bis 12‴. Dieser Betrag giebt zu obigen + 6 (bei c^1) addirt die Summe von 1″ 4‴ bis 1″ 6‴ als die Grenzen, innerhalb welcher sich mein Kehlkopf im Brustregister piano bei geschlossenem Munde zu bewegen fähig ist. Diese 16 bis 18 Linien entsprechen etwa 20 halben Tönen (von E bis c^1): es kommt also durchschnittlich 0,8‴ bis 0,9‴ auf einen halben Ton.

Allein die Bewegung des Kehlkopfs lässt sich bei einiger Uebung dergestalt der Willkühr unterordnen, dass man befähigt wird, ausser dem eben angeführten Umfang der phonischen Bewegung dieses Organs auch innerhalb eines sowohl engeren als auch weiteren Raumes dieselben phonischen Leistungen, ebenso piano wie die vorigen, auszuführen. Ich für meinen Theil vermag, wenn ich will, d. h. wenn ich den Kehlkopf in seinem freien Lauf, den ich immerhin als das normale Verhalten ansehen möchte, durch den Einfluss meines Willens hemme, die eben angeführte Scala innerhalb des Raumes von etwa 4—5‴, d. h. von 1″ 3‴ Sternalabstand bei E, bis 1″ 7‴—8‴ Abstand bei cis^1 ausführen, so dass der Nullpunkt noch bei weitem nicht erreicht wird, und auf 1 halben Ton nur $\frac{1}{4}$‴ kommt. Bei dieser Manier steht die Zunge natürlich weit tiefer, als bei jener, und der Eingang zur Mundhöhle ist sehr erweitert. Desgleichen vermag ich die obern Töne bei einem sehr hohen Kehlkopfstande, der sich jedoch von d—d^1 wenig zu ändern braucht, z. B. bei 3″ bis $3\frac{1}{4}$″ Sternalabstand auszuführen, während freilich von d an für die tiefern Töne der Kehlkopf in um so grössern Sprüngen fällt, bis er eben so tief kommt, wie vorhin. Diese Bahn ergiebt eine Länge von 2″, ist als mindestens $\frac{1}{2}$″ länger als die erste, von uns als normale oder mittlere angenommene, und etwa fünfmal so lang, als die vorige. Hier ist bei den hohen Tönen der Eingang zur Mundhöhle fast ganz verstopft, das Ansatzrohr sehr verkürzt, der Ton zwar hell, aber leer und dürftig, während er bei der 2. Manier, wo der Kehlkopf immer unten blieb, dumpf und hohl, auch etwas voller klang. Man kann aber auch, wenn man die für die eben gedachte erweiterte Kehlkopfbewegung den Glottismechanismus, der jenen hohen Kehlkopfstand zu Wege brachte, auch für die tiefern Töne beibehält, das Fallen des Kehlkopfs sehr beschränken, so dass derselbe, nachdem er etwa bei G oder Fis auf den statischen Nullpunkt gelangt ist, bis zum tiefsten Ton nur bis auf etwa — 4 oder 5 gelangt. Diese tiefen Töne, welche beiläufig bis zu Anfang der Contra-Oktave gehen, klingen sehr leer, dünn, und zeigen genau das Timbre des sogenannten Strohbasses. Wir wollen diese verschiedenen Manieren, welche ganz unverkennbar an die Timbres Garcia's erinnern, im nächsten Kapitel, wo wir die bei offenem Munde erzeugten Töne untersuchen, genauer besprechen.

Jetzt wollen wir die Veränderungen beobachten, welche eintreten, wenn man bei vollem Athem einen piano oder pp eingesetzten Ton schwellt, also den Mechanismus des Crescendo, Messa di voce, sforzando (sforzato) und anderer Tonverstärkungen untersuchen. Der Mund bleibt immer noch geschlossen.

Wenn ich mit mässig vollem Athem einen auf dem phonischen Nullpunkt liegenden Ton piano einsetze, und dann allmälig schwelle, so steigt der Kehlkopf, sobald ich ihm freien Lauf lasse, nebst dem Zungenbein, das dabei seinen Abstand vom Schildknorpel kaum ändert, mit Zunahme des Luftdrucks herab, um sich bei Wiederabnahme desselben, sowie der vorhandenen Luftquantität, also beim allmäligen Ausgehen des Athems, wieder auf den vorigen höhern Stand oder selbst noch etwas höher zu stellen. Der Betrag des Raums, den der Kehlkopf dabei durchläuft, hängt von der Stellung ab, die der Kehlkopf bei Einsatz des Tones annahm. War dieselbe eine verhältnissmässig hohe, was ziemlich so viel bedeutet, als: wurde der Ton sehr piano eingesetzt, so beträgt das Stück, um welches der Kehlkopf dabei herabsteigt, mehr, als wenn der Kehlkopf sich schon von Anfang auf einen tiefern Punkt am Halse stellte. Ist durch eine sehr tiefe Inspiration der Kehlkopf schon für einen gewissen Ton so tief gestellt worden, als letzteres Stufe überhaupt erlaubt, so findet beim Crescendo kein weiteres Vertiefen des Kehlkopfstandes statt. Wohl aber steigt in solchen Fällen der Kehlkopf über seine anfangs eingenommene Stellung, wenn der betreffende Ton bis zum Ausgehen des Athems gehalten wird. Diese Veränderungen der Kehlkopfstellung geschehen etwa in einem Bereiche von 4—5′′. Im Allgemeinen fällt der Kehlkopf beim Schwellen tiefer, piano eingesetzter Töne mehr, als beim Schwellen hoher Töne. Doch kommt es dabei auch auf den möglichen Grad der Tonverstärkung an. Am meisten lassen sich die um den phonischen Nullpunkt herum und die zunächst höher liegenden Töne mit Kehlkopfvertiefung schwellen, während der tiefste Brustton, der einem möglich ist, nur piano gegeben werden kann, also auch keine Schwelluug zulässt, offenbar weil dabei schon der Kehlkopf so tief steht, als er bei den gegebenen Verhältnissen überhaupt in tonfähiger Weise herabsteigen kann.

Wie hoch der Kehlkopf von einem Mittelton bis zu einem hohen, z. B. von c bis c^1 steigen soll, hängt immer von der vorhandenen Luftquantität ab, mit der operirt wird, so wie von der Zeit, in welcher der Uebergang zum hohen Tone bewirkt wird. Wenn man mit vollem Athem rasch und *mezzo forte* die gedachte Scala aufsteigt, oder gleich von c nach c^1 springt, so rückt der Kehlkopf nicht so hoch aufwärts, als wenn man den Aufgang langsamer bewirkt. Dies ist überhaupt ein allgemeines Gesetz. Je weniger noch Luft vorräthig, desto höher steigt, den gegebenen Verhältnissen natürlich entsprechend, der Kehlkopf. Es wird also letzterer auch steigen, wenn ein *forte* oder *mezzo forte* eingesetzter Ton allmälig und mit abnehmendem Athem an Stärke abnimmt. Am interessantesten wird der Fall, wenn man eine kurze Tonfigur, z. B. einen Triller, längere Zeit, bis zum Ausgehen des Athems, wiederholt. Hier steigt der Kehlkopf für den höhern Ton jedesmal etwas, und fällt für den tiefern, welcher Wechsel sich bei jeder Wiederholung der Figur erneuert. Aber dabei lässt sich beobachten, wie der Kehlkopf neben dieser Auf- und Niederbewegung allmälig, mit Verminderung des Luftvorraths, in die Höhe rückt: er macht also gleichzeitig zweierlei Bewegungen, ebenso wie die Erde, die sich fortwährend

um ihre Axe dreht und dabei doch immer ein Stück fortrückt. Hier sieht man mit einem Male und in ganz unverkennbarer Weise den Unterschied zwischen dem phonischem und aërischem Standpunkt des Kehlkopfs.

Werden mehrere verschiedenstufige Töne hinter einander forte gegeben, so reduciren sich die Kehlkopfbewegungen in einem dem Grad der Tonstärke entsprechenden Verhältniss, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Nach einer ungefähren Schätzung kann diese Reduktion bis auf $1/4$ des bei Piano stattfindenden Betrags gehen.

Der phonische Kehlkopfstand wird aber vom aërischen ganz absorbirt oder selbst überwältigt, wenn man einen tiefen Ton, z. B. A, H, piano einsetzt und dann einen hohen, z. B. a, h, plötzlich forte folgen lässt. Hier kann beim hohen Tone der sonderbare Fall eintreten, dass der Kehlkopf nicht nur gar nicht steigt, sondern sogar merklich, etwa um 1 oder 2''' fällt. Dabei werden sämmtliche Fixatoren des Zungenbeins, die Herabzieher natürlich mehr, als die Aufwärtszieher, angespannt, und der M. hyothyreoideus zieht vom Schildknorpel aus, während der Geniohyoideus antagonistisch und supplirend nach vorn und oben zieht. Beim Decrescendo steigt aber der Kehlkopf wieder auf die jenem Tone zukommende Stelle.

Aber hinsichtlich des übrigen Muskelmechanismus haben wir bei den verschiedenen Abstufungen der Stärke und Schwäche der Töne noch Manches zu beobachten. Wir haben hier zunächst die ausserhalb des Kehlkopfs liegenden Hals- und die Unterleibsmuskeln in Betracht zu ziehen. Bei jeder einigermaassen kräftigen Phonation, wozu eine stärkere Kompression der zu exspirirenden Luftmasse der Windrohrs und der Windlade erforderlich ist, vermehrt sich der Umfang des Halses dadurch, dass sich dessen Muskeln, wie es scheint, alle ziemlich gleichmässig, verdicken, straffer und härter, nicht aber merklich kürzer werden, und dass die Luftröhre sich erweitert. Die Senkmuskeln des Kehlkopfs dagegen werden je nach der Verstärkung der Tongebung angespannt und verkürzt, wobei der untere Theil des Kehlkopfs hinterwärts gezogen wird, und der Ringknorpel nicht mehr so deutlich gefühlt werden kann. Die Hebemuskeln des Kehlkopfs sind bei den tiefen Tönen, wo der Kehlkopf tief steht, immer erschlafft, mag der Ton piano oder forte gegeben werden, mag der M. sternomastoid. gespannt sein oder nicht. Ferner wird bei starker Tongebung die Thoraxbasis fixirt, die Flanken (untern Rippen) werden trotz der Exspiration mehr oder weniger dilatirt, und die obere Abtheilung des Unterleibes nimmt gleichfalls an Umfang und Konsistenz zu. Ueberhaupt wird die Auf- und Abwärtsbewegung des Kehlkopfs beim Höher- und Tieferwerden des Piano-Tones in der Regel von einem entsprechenden Heben (Vortreten, Wölben) und Senken oder Einziehen der Bauchwand begleitet, was man am Besten in sitzender Körperstellung an sich beobachten kann. Da nun die Bauchwand nur bei kontraktivem Herabtreten des Zwerchfells vortreten kann, bei relaxativem Steigen des Zwerchfells sich einziehen muss, so ist dieser phonische Kehlkopfstand von der Stellung des Zwerchfells unabhängig, indem der Kehlkopf sich hebt, während das Zwerchfell sich senkt, und umgekehrt. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei ferner der M. sternocleidomastoideus. Man kann einen *p* oder *mf* eingesetzten Mittelton bis *f* schwellen, ohne dass letzterer Muskel dabei erheblich (mehr als die andern die Exspiration fördernden Muskeln) anschwillt und hart wird: es lässt sich eine ganz schöne *Messa di voce* erzeugen, wenn bei ausreichendem Luftvorrath der Druck auf

denselben gleichmässig und allmälig durch Komprimirung des Unterleibes, ohne auffällige Fixirung der Thoraxbasis oder des Zwerchfellrahmens verstärkt wird. Erst wenn diese allgemeine oder gleichmässig vertheilte Kompression bei abnehmendem und ausgehendem Athem nicht mehr zur Komprimirung der Glottis hinreicht, tritt die specielle Aktion des Sternocleidomastoideus deutlicher hervor. Es können natürlich hier viele Modifikationen stattfinden, weil die Gewalt des Willens auf diesen Muskel eine sehr grosse ist, und man bei einiger Uebung denselben leicht von der Mitwirkung anderer Muskeln isoliren kann. Im Allgemeinen ist er aber als ein wichtiges Mittel zu betrachten, einen begonnenen Ton zu schwellen, wenn andere Mittel dazu nicht mehr ausreichen, oder auch, wenn die Schwellung durch einen auf den nächsten Raum unter der Glottis direkt einwirkenden Seitendruck bewirkt werden soll. Es lassen sich überhaupt hinsichtlich der hierher gehörigen Tonverstärkungen bei dem dazu erforderlichen Muskelmechanismus zweierlei Modifikationen unterscheiden. Bei der erstern werden die Exspirationsmuskeln in ziemlich gleichmässig zunehmender Intensität zusammengezogen, ohne dass dabei der Zwerchfellrahmen sehr festgehalten oder gar erweitert würde, oder dass eine Fixirung desselben im Verlaufe der Exspiration neuerdings einträte. Der Exspirationszug geht hier mehr in der Längenrichtung des Körpers, dass heisst, die während der Exspiration stattfindende Verkleinerung des Thorax- und Unterleibsraums geschieht dadurch, dass die durch den Inspirationsakt aufgezogene Thoraxbasis durch die kombinirte Wirkung der an derselben sich inserirenden Bauchmuskeln nach unten und etwas nach der Mitte (oder nach hinten) gezogen wird. Die gewölbte Bauchwand wird dabei durch ziemlich gleichförmig vertheilte Kontraktion des Rectus abdominis und der beiden Obliqui abgeplattet, während die Wirkung des Transversus weniger hervortritt. Die Muskeln, welche die Thoraxbasis distendiren, sowie das Zwerchfell, sind dabei natürlich auch aktiv, aber nur in so weit, um die Kontraktion der Bauchmuskeln im gehörigem Maasse zu verzögern, und so den Druck, den letztere auf die Bauchorgane und durch diese auf das Zwerchfell und die Lungen ausüben, zu verstärken, je nachdem es die beabsichtigte Verstärkung des Tones erfordert. Die Halsmuskeln, einschliesslich des Sternocleidomastoideus verhalten sich dabei ziemlich so, wie die übrigen Ausathmungsmuskeln; sie werden auf der Höhe der Tonverstärkung etwas starrer und voluminöser, als auf der Abnahme derselben, ohne jedoch mit ihrer Wirkung sonderlich hervorzutreten. Letzteres findet nur statt, wenn der von unten kommende Druck nicht mehr genügt. Dieser Mechanismus findet bei der gewöhnlichen *Messa di voce* und bei ähnlichen Tonverstärkungen während einer in nicht grossen Schritten sich bewegenden Passage statt. Bei der zweiten Modifikation tritt die verstärkte Tension der exspirativen Luftmasse plötzlicher und gewaltsamer ein, es müssen daher auch neue Mittel dazu ins Werk gesetzt werden. Nehmen wir zum Beispiel folgenden Gang:



Hier werden für das g die Flanken plötzlich durch Aktion des M. serratus anticus u. s. w. aufgezogen und dilatirt, das Epigastrium eingezogen und

hart: es wird also der Zwerchfellrahmen fixirt, und in den Seiten, weniger in der Mitte, weiter gemacht: dabei erscheint das Epigastrium abgeflacht und das Mesogastrium stark einwärts gezogen. Während im vorigen Falle der Exspirationszug mehr in der Längenrichtung vor sich ging, geht er hier mehr in der Breite vor sich: während dort mehr der Rectus abdominis und beide Obliqui wirksam waren, tritt hier die Wirkung des Rectus und die des Oblique adscendens fast ganz gegen die Wirkung des Transversus abdominis und des Oblique descendens zurück. Dass zu diesem Behuf die Glottis selbstständig verengt werden muss, versteht sich nach dem, was wir schon früher (S. 62) über diesen Punkt gesagt haben, von selbst. Geschieht jene Operation mit genügenden Luftmitteln, wie dies beim g (des 1. Taktes) offenbar der Fall ist, da ist keine sonderliche hervortretende Mitwirkung seiten der Halsmuskeln erforderlich. Aber wenn die Mittel bereits abnehmen, wie zu Anfang des 2. Taktes der Fall sein dürfte, da ist eine solche Beihülfe in der Regel wünschenswerth. Denn nachdem auf den Tönen (1. Takt) fis—H die aufgezogenen Flanken allmälig herabgesunken und das Epigastrium nebst Mesogastrium verengt worden ist, da lässt sich für das a des 2. Taktes ohne neue Inspiration schwerlich eine gleichergiebige neue Aufziehung und Fixirung der Thoraxbasis ausführen, sondern es müssen in der Regel Mittel eintreten, welche das Mangelhafte der thoracischen und abdominalen Muskelarbeiten ergänzen, und dies geschieht dadurch, dass die Ausflussmündung enger gemacht wird, d. h. durch Starrwerden der Halsmuskeln, wodurch Kehlkopf und oberer Luftröhrenabschnitt eine Verengung von den Seiten her erleidet. Doch ist zu bemerken, dass die Kontraktion letzterer Muskeln, zumal des Sternocleidomastoideus, sehr in die Willkühr des Individuums gelegt ist, und dass ein Sänger bei einiger Uebung auch unter sehr kritischen Verhältnissen ohne alle hervortretende Fixirung dieses Muskels singen kann. Für grosse Verstärkung des Tones wird jedoch wohl immer dieser Muskel, ebenso wie die übrigen Hülfsmuskeln des Respirationsaktes, in Anspruch genommen.

Ueberhaupt kommt bei der Phonation für die Bewegungen des Kehlkopfs und seiner Umgebungen sehr viel darauf an, von welcher Stelle aus, und mit welchen Mitteln das Luftreservoir vorzugsweise komprimirt wird, ob diese Kompression eine mehr mittelbare, von unten kommende, zunächst auf die Lungenluft wirkende und durch dieselbe bis zur Luftsäule des Kehlkopfs geleitete, oder eine mehr explosiv wirkende, durch transverselle Muskelaktionen erzeugte, der ganzen Luftsäule eine kräftige Stossbewegung nach oben mittheilende ist, oder ob die Spannung der durch die Glottis streichenden Luft durch einen Seitendruck, durch Verengung der Ausflussröhre vorzugsweise erzeugt oder verstärkt worden ist. Wir haben es bei der menschlichen Stimme nicht mit einem starrwandigen Instrumente zu thun, sondern mit einem Organ, dessen Wände und einzelne Theile überhaupt einer sehr verschiedenartigen Bewegung fähig sind. Ein verstärkter Luftstrom würde die Theile des Kehlkopfs, die davon am meisten getroffen werden, sofort in eine andere gegenseitige Lage bringen, würde selbst den ganzen Kehlkopf, eben weil er kein fixirtes Organ ist, aus seiner Stellung verdrängen, wenn nicht dieser Treibkraft eine andere entgegengestellt würde, durch welche die erstere Kraft erst in den Stand gesetzt wird, auf bestimmte Angriffspunkte einzuwirken, und die von ihr verlangte Wirkung in exakter Weise zur Geltung zu bringen. Je mehr diese den anzugreifenden Theil fixi-

rende Kraft thätig ist, desto stärker wird die angreifende Kraft selbst ausfallen, und desto ergiebiger die Wirkung sein. Je mehr ferner die Wände oder Ränder der Ausflussmündung einander genähert sind, und je weniger dieselben sich durch einen gewissen Seitendruck verdrängen lassen, desto weniger Kraft brauchen die die Luftsäule verdichtenden Organe aufzuwenden, um caeteris paribus einen gleichen Effekt zu erzielen, während bei caet. paribus gleichem Kraftaufwand der Druckorgane der Effekt ein ausgiebiger sein muss. Eine genauere Analyse dieser Verhältnisse und die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen auf die innern Vorgänge im Kehlkopf werden später ihren geeigneten Platz finden. — Auch vom Staccato und andern Manieren, sowie von den schon bei geschlossenem Munde ebenso gut, wie bei offenem, möglichen andern Tonregistern (Strohbass, Kopf- und Fistelstimme) wollen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, erst in den nächsten Kapiteln das Nöthige vortragen.

d. Töne bei offenem Munde.

aa. Brusttöne, Brustregister.

Durch das Oeffnen des Mundes wird manches am Mechanismus der bei geschlossenem Munde erzeugbaren Tonphänomene abgeändert, manches Neue hinzugefügt, auch durch den gestatteten Einblick in die Mund- und Schlundhöhle eine vollständigere Okularinspektion ermöglicht *). Was die einzelnen Tonphänomene anlangt, die wir jetzt zu betrachten haben, so legen wir denselben stets, wenn nicht das Gegentheil bemerkt wird, den Vokal A unter, lassen auch vorläufig alle konsonantischen Artikulationen bei Seite.

*) Garcia (Gazette hebdom. II, No. 46. 1855) behauptet, im Stande zu sein, im Pharynx und Isthmus faucium einen fremden Körper längere Zeit zu ertragen, ohne dadurch zum Brechen gereizt zu werden. Mittels eines in jene Höhle gebrachten Spiegels vermag er daher, wie er angiebt, das Bild der Stimmritze aufzufangen, das er mittels eines zweiten aussen angebrachten Spiegels beleuchtet und betrachtet. Zur objektiven Beobachtung (durch eine 2. Person) besitzt letzterer Spiegel eine kleine Oeffnung. Aus den angeblich zahlreichen, auf diesem Wege gemachten Beobachtungen hebt der Referent Segond die sich auf den Registerunterschied beziehenden hervor. Die obern Stimmbänder, die Segond früher für das Organ des Falsets hielt, haben, wie er später erkannte, nur Einfluss auf das Timbre des Tons, während die untern Bänder allein die wesentlichen Tonwerkzeuge darstellen. Er sah beim Uebergang aus einem Brustton in den 1 Oktave höhern Falsetton, dass bei Ersterem die Bänder sich mit ihrer untern Fläche einander näherten und in ihrer ganzen Tiefe schwangen, dagegn beim Falset erschlafften und sich nur mit ihrem Rand berührten, während ihre seitlichen Partien durch den Luftdruck ungehindert aufgehoben wurden (que les réplis se regardent par leur face inferieure et vibrent dans toute leur profondeur; dans le second (fausset) les réplis se relachent et ne se regardent que par le bord, tandis que sur les cotés les réplis relachés sont légèrement soulevés par la poussée de l'air). — Ich habe zwar die Originalabhandlung Garcia's noch nicht erlangen können, weiss daher nicht, wie Garcia bei diesen angeblichen Experimenten verfuhr, was er dabei gesehen und was er nicht gesehen hat, aber ich habe gerechten Grund, an der Realität dieser Beobachtungen so lange zu zweifeln, bis ich erfahren habe, auf welche Weise Garcia das Anlaufen des Spiegels beseitigt, wie er den Kehldeckel (der die Glottis dem selbst in die Gegend der Uvula durch den Spiegel versetzten Auge grossentheils entzieht) nach vorn zieht, wie er die Taschenbänder auseinander hält, um das Schwingen der „seitlichen Partien der Stimmbänder" und das Schwingen derselben „in ihrer ganzen Tiefe" zu beobachten u. s. w.

Einsetzen des Tones. Man kann einen beliebigen Ton auf verschiedene Art einsetzen. Die dafür üblichen Ausdrücke sind hier zumeist: scharf, markirt, bestimmt u. s. w., oder (für das Gegentheil) schwach, matt, verwischt, unbestimmt, gehaucht u. dgl. m. Bei jedem scharfen, bestimmten Toneinsatz wird, wie wir später noch genauer erörtern werden, die Exspiration auf einen Augenblick unterbrochen, jedenfalls also die Glottis (wie wir dasselbe auch am todten Kehlkopf beobachtet haben) geschlossen, welchem Schluss sich sofort die Schwingungsbewegung der Stimmbänder anschliesst. Dieser Kehlkopfschluss ist nichts zur Phonation ausschliesslich Gehöriges, denn man kann nicht nur diesen Schluss beliebig lange fortsetzen, bevor man den Ton folgen lässt, sondern man kann auch die Glottis schliessen, ohne einen Ton bei deren Wiederöffnung folgen zu lassen. Ich bemerke hier übrigens beiläufig, dass Kehlkopfschluss und Anhalten des Athems nicht ein und dasselbe ist. Man kann die Glottis während einer und derselben Exspiration mehrmals schliessen, den Athem hält man dagegen nach vollendeter Inspiration an (man hält die Inspirationsmuskeln auf dem zu Ende der Einathmung erreichten Kontraktionszustand), bevor man exspirirt, wobei man es völlig in seiner Willkühr hat, ob man die Glottis schliessen will oder nicht. Die Stellung, welche bei und zu diesem Glottisschluss der Kehlkopf annimmt, hängt zunächst davon ab, ob ein Toneinsatz dabei beabsichtigt wird, oder nicht. Schliesst man bei mässig weit geöffnetem Munde die Glottis nur des Versuchs wegen, so rückt der Kehlkopf in der Regel dabei ein wenig aufwärts, zuweilen ziemlich viel, wenn man die Zungenwurzel dabei — absichtlich oder zufällig: meist hat man es nicht ganz in seiner Gewalt — beträchtlich hebt. Wiederholt man diesen Versuch mehrmals in einem Athem, so stellt sich der Kehlkopf für jeden neuen Glottisschluss etwas höher, als für den vorigen. Die Excisurgegend wölbt sich schon beim Glottisschluss, um sich bei der nächsten Inspiration wieder zu vertiefen. Schliesst man dagegen die Glottis, um wirklich einen Ton von bestimmter Schwingungszahl damit einzusetzen, so wird der Kehlkopf schon vorher auf die der beabsichtigten Höhe und Stärke des Tons angemessene Zone des Halses gestellt, und im Augenblicke des Glottisschlusses erhält er einen kleinen Ruck nach oben, und, sobald die Phonation beginnt, nach vorn, welche Haltung er nun so lange behält, als nichts an den mechanischen Vorgängen geändert wird. Geschieht der Glottisschluss rasch und energisch, so muss der sich anschliessende Ton wenigstens in den ersten Zeitmomenten auch stark und kräftig ausfallen: man bezeichnet diesen Vorgang in der Musik mit dem Zeichen $>$, das über die betreffende Note gesetzt wird. Von diesem Grade an giebt es natürlich verschiedene Zwischenstufen bis zu dem schwachen, verwischten u. s. w. Einsatze, der einem piano oder gar mit einem Hauchlaut anzugebenden Tone vorausgeht. Beim Piano rücken die Glottisränder nur sehr sanft einander entgegen, bis zu dem für den reinen Einsatz unumgänglich nöthigen Schluss der Stimmritze: für einen gehauchten oder mit dem Sprachlaut H einzusetzenden Vokal dagegen bleibt die Glottis offen, und es nähern sich bloss die Glottisränder so weit, als zur Bildung der stehenden Schwingungen erforderlich ist. Weiteres über diesen Vorgang werden wir später bei der Physiologie des Buchstaben H vortragen.

Aber wir haben hier noch manches Andere zu berücksichtigen. Wir beobachten, dass der Kehlkopf beim Einsetzen eines gewissen Tones, und

zwar sogenannten Brusttons, bei einem und demselben Individuum, und zwar ganz abgesehen von des Tones Stärke oder Schwäche, bald eine hohe, bald eine tiefe Stellung annimmt, wobei jedoch das Timbre und auch die Intensität und Grösse oder Fülle des Tones verschieden ausfällt. Es ist auch eine ganz gewöhnliche Erfahrung, dass ein und dasselbe Individuum beim gewöhnlichen Sprechen, besonders im Dialog, die Töne auf eine ganz andere Art erzeugt, als im Gesange, ja dass es auch beim Gesange oft, besonders beim Vortrag komischer Partien, beim sogenannten *Parlando* u.s.w. die Töne mit einer ganz andern Klangfärbung, mit anderer sogenannter Rundung oder Abgränzung, kurz, in anderer Manier producirt, als etwa beim Vortrage lyrischer und dramatisch gehaltener Gesangstücke. Diese Erscheinung ist so gewöhnlich, nicht nur bei den französischen und italienischen Sängern und Schauspielern, sondern auch bei den deutschen, ja fast bei jedem Individuum, das sein Stimmorgan etwas mehr als gewöhnlich entwickelt hat, dass es nur zu verwundern ist, wie dieselbe von den Physiologen so lange übersehen oder ignorirt werden gekonnt hat. In etwas dilettantisch gehaltener, wenig wissenschaftlicher Weise haben zuerst Diday und Pétrequin *), sodann Manuel Garcia **) ihre Aufmerksamkeit diesem Unterschiede der Pronunciation der Töne zugewandt. Erstere unterscheiden, zunächst für das Brustregister, die gewöhnliche oder helle Stimme (voix ordinaire ou blanche), und die dunkele Stimme (voix sombrée); Garcia dagegen hat, wie wir bereits gesehen haben, die beiden hier wahrzunehmenden Modifikationen der menschlichen Bruststimme als helles und dunkeles Timbre unterschieden, deren hörbare Charaktere wir nach seinen eigenen Angaben bereits (s. S. 591) mitgetheilt haben. Wir müssen, um Missverständnissen und Irrungen vorzubeugen, gleich beim Eingang unserer Untersuchungen über die Bruststimme des Menschen über diese beiden Modifikationen derselben das zu wissen Nöthige vortragen, damit wir die Grenzen des zu rekognoscirenden Gebiets uns zu eigen machen.

Zuerst bemerke ich, dass die Verschiedenheit der beiden Modifikationen des Brustregisters erst hervortritt, sobald man mit offenem Munde Töne erzeugt. Bei geschlossenem Munde tragen die ohne besondern Muskelzwang erzeugten Brusttöne alle einen und denselben Klangcharakter an sich, es lassen sich hier die zur Distinguirung der beiden Varietäten erforderlichen Bedingungen nicht zur vollen Geltung bringen. Jedenfalls dürften aber die mit geschlossenem Munde erzeugten guten, ungezwungenen Brusttöne mehr zu dem sogenannten dunkelem, als zum hellen Timbre zu rechnen sein, wie wir bald noch mehr nachweisen werden. Nur die hohen, bei + 12‴ erzeugten Töne könnten zum hellen Timbre gerechnet werden, wenn bei geschlossenem Munde überhaupt von Helligkeit des Tons die Rede sein könnte. Da man nun bei geschlossenem Munde ausser den eben gedachten Tönen auch Fisteltöne erzeugen kann, aber nichts, was dem sogenannten Timbre clair völlig entspräche, und da, wie wir später einsehen werden, auch das Fistelregister, bei offenem Munde erzeugt, ein solches Timbre clair erhalten kann, sind wir, glaube ich, nicht berechtigt, aus dem Bereich der mit Timbre clair pronuncirten Töne ein besonderes, neues, selbstständiges Register zu konstruiren, sondern wir wollen (vor der Hand wenigstens) diese beiden Tim-

*) Gazette médicale de Paris 1840. No. 20.
**) Ecole du chant. Paris 1840. Tome I.

bres als ebenso viele Modifikationen sowohl des Brust- als des Falsetregisters ansehen, obwohl dieselben mit den ausser den genannten beiden Hauptregistern von uns oben aufgestellten Neben- oder Hülfsregistern der menschlichen Stimme in sehr naher Beziehung stehen.

Die Töne des hellen Timbre gelingen im Allgemeinen besser, wenn der Kopf etwas höher, als unsere obige Bestimmung besagte, gehalten wird, wenn bei geradestehendem Körper nicht die Nasenspitze, sondern die Mundspalte mit den Spitzen der Ohrläppchen in einer dem Auge gerade erscheinenden Linie gehalten wird. Der statische Nullpunkt des Kehlkopfs stellt sich dabei (bei mir) auf 2″ 4‴ vom Sternum aus gemessen. Die Töne des dunkeln Timbre dagegen lassen sich im Allgemeinen besser und ausgiebiger erzeugen, wenn der Kopf entweder in der früher als normal bezeichneten Stellung, oder sogar etwas tiefer gehalten wird, so dass Kinn und Kehlfalte horizontal zu stehen kommen. Der statische Nullpunkt des Kehlkopfs stellt sich dann etwa auf 2″ 2‴ oder um 2‴ tiefer, als bei voriger Kopfhaltung.

Wenn nun bei einer oder der andern Kopfhaltung der Mund behufs eines Tonphänomens geöffnet wird, so fällt der Kehlkopf am Halse ein Stück herab. Dieses Fallen des Kehlkopfs hängt, wie man sich durch einen Blick in die Mundhöhle überzeugen kann, lediglich vom gleichzeitig (oder etwas vorzeitig, vorher) stattfindenden Sinken der Zungenwurzel und des derselben als Basis dienenden Zungenbeins ab, und ist daher auch in verschiedenen Fällen verschieden, steht jedenfalls nicht nothwendig im Verhältniss zur Mundöffnung oder gar zur Lage des Zwerchfells, sondern immer zum senkrechten Durchmesser des Isthmus, oder genauer des Abstandes des Zungenbeins von dem Dache des Fangrohrs, der sich beiläufig je nach den einzelnen Sprachlauten sehr modificirt.

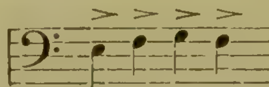
Giebt man nun einen tiefen Ton mit dem gewöhnlichen, dunkelem Timbre an, so stellt sich der Kehlkopf im Allgemeinen auf den Standpunkt, den er annahm, sobald derselbe Ton bei geschlossenem Munde producirt wurde. Während für den Ton F bei geschlossenem Munde der Kehlkopf sich auf — 3‴ stellt, so rückt er bei mässig (etwa 4‴ weit) geöffnetem Munde für denselben jetzt als Sprachlaut A auftretenden Ton etwa auf — 4‴. Dabei tritt das Pomum etwas mehr vor, die Excisur wölbt sich und theilt der aufgelegten Fingerspitze das Gefühl der Vibrationen mit. Bei gut disponirtem Organ vermochte ich noch den Ton E bei dem Kehlkopfstande — 5 bis 6‴, und zuweilen D bei — 7 bis 8‴ zu erzeugen. Alle diese Töne vermochte ich bei gleichbleibendem Register nur Piano oder Mezzoforte zu erzeugen: eine Aenderung des Kehlkopfstandes durch Schwellen des Luftstromes war daher hier kaum, höchstens beim F, wahrzunehmen. Von F aus höher im Tone aufsteigend waren allmälig mehr Gradationen möglich. Der statische Nullpunkt wurde vom Kehlkopf bei mässig geöffnetem Munde und schwachem Anspruch etwa auf dem Tone f oder g erreicht, und bei den noch höheren Tönen bis d[1] wurde derselbe in der Regel allmälig um 3 — 4‴ überschritten, oft blieb aber auch der Kehlkopf bei schwacher Angabe dieser hohen Töne auf seinem Nullpunkte stehen. Der ganze Spielraum meines Kehlkopfs für das Brustregistern piano bei geöffnetem Munde beträgt also höchstens 12‴, also 4‴ weniger, als bei geschlossenem, was jedenfalls zunächst darin seine Erklärung finden dürfte, dass das Zungenbein bei geöffnetem Munde nicht so hoch auf- und vorwärts gezogen werden kann, als beim Verschluss des Mundes, weil es selbst für einige den Kiefer herabziehenden Muskeln als fester Insertionspunkt dienen muss.

Am deutlichsten lässt sich das Steigen und Fallen des Kehlkopfs beobachten, wenn man eine Reihe von nicht zu nahe aneinander liegenden Tönen, etwa A, cis, e, a, cis[1] einigemale *p* oder *mf* und in mässig schnellem Tempo so auf und abgeht, dass man jeden Ton mit festem Glottisschluss einsetzt und bald loslässt. Man nennt diese Manier, die Töne zu produciren, Staccato (von *staccare*, losmachen, loslassen: der gewöhnlich dafür gebrauchte deutsche Ausdruck „gestossen" ist wenigstens nicht richtig übersetzt), sobald dem Zeitwerthe des Einzeltones durch dieses Loslassen nur wenig, Staccatissimo, wenn ihm viel, etwa die Hälfte, davon entzogen wird. Bei jedem solchen Tonstoss wölbt sich die Excisur merklich, und die Seitenwände des Schildknorpels scheinen sich etwas einwärts zu ziehen, so dass auch die Ränder der Excisur und des ganzen kleinen Kehldreiecks etwas einander genähert werden. Ueber den weitern Mechanismus dieser, so wie der übrigen Manieren, die Töne mit einander zu verbinden, sprechen wir später mehr.

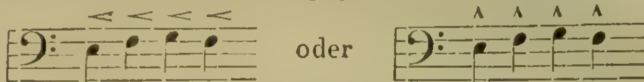
Die übrigen sichtbaren Phänomene, welche bei Erzeugung schwacher Brusttöne mit gewöhnlichem Timbre zu beobachten sind, weichen von den bereits früher (bei den Tönen mit geschlossenem Munde) angegebenen kaum ab. Nur sind die zwischen Kiefer und Zungenbein liegenden und letzteres fixirenden Muskeln, weil sie den Kiefer eben halten müssen, und auch das Zungenbein seine Stellung fest behaupten muss, in entsprechendem Grade angespannt, während an den seitlichen Halsmuskeln keine erhebliche Anschwellung oder Fixirung zu bemerken ist, obwohl sich der M. sternocleidomastoideus in der Regel einigermaassen kontrahirt, wenn der Ton von unten nach oben einen weiten Sprung macht. Im Allgemeinen haben die das Zungenbein und den Schildknorpel nach unten ziehenden Muskeln bei offenem Munde eine schwierigere Stellung, als bei geschlossenem, aber auch mehr, als die Hebemuskeln dieser Organe, weil sie immer, sobald der M. hyothyreoideus in Kraft treten soll, ohne dass das Zungenbein dabei seine horizontale Stellung verändert, einen Gegenzug ausüben müssen, damit nicht die Hebemuskeln das Uebergewicht erhalten, und damit überhaupt das schwebende Zungenbein fixirt wird. Die Schwierigkeit wird hier noch vermehrt dadurch, dass der Knochen, von welchem aus gewisse Hebemuskeln des Zungenbeins entspringen, ebenso in der Schwebe erst fest gehalten werden muss, bevor er einen festen Punkt jenen das Zungenbein bewegenden Muskeln darbieten kann, und dass wiederum das Zungenbein zum Unterkiefer in ein ähnliches Verhältniss treten muss. Die relativ festesten Punkte, von welchen aus ziehend die daran entspringenden Muskeln, wenn sie zusammen wirken, das Zungenbein so fest halten können, dass von diesem wiederum ein ergiebiger Heranzug auf andere Organe ausgeübt werden kann, sind der Processus styloideus (Fig 57 und 59), das Sternum, und das Schulterblatt, von welchen Knochen die Mm. stylohyoidei, die hintern Bäuche der Digastrici, die Mm. sternohyoidei und omohyoidei entspringen. Sind diese 8 Muskeln in Thätigkeit, so steht das Zungenbein fest, und es vermögen nun die vordern Bäuche der Digastrici, die Geniohyoidei und zum Theil auch die Mylohyoidei den Unterkiefer herabzuziehen, und bei hinlänglicher Gegenwirkung von Seiten der Hebemuskeln dieses Knochens (Masseter etc.) den Mund auf einer gewissen Oeffnung zu erhalten. Sobald nur eines dieser Muskelpaare in seiner Aktion etwas nachlässt oder vorwiegt, so ändert sich sofort das ganze Verhältniss, und es wird dann entweder der Kiefer oder das Zungenbein aus seiner bisherigen Lage verrückt, weil nun die bezüglichen Anta-

gonisten nach Befinden stärker oder schwächer wirken müssen. Der Masseter und Mylohyoideus nebst Digastricus anticus, der Omohyoideus und Geniohyoideus (der andern Seite), die Digastrici und der Sternohyoideus stehen in einem solchen antagonistischen Verhältniss. Lässt der eine nach, so verstärkt der andere seinen Zug und umgekehrt. Jede Vermehrung oder Verminderung der Mundapertur muss eine Aenderung der Zungenbein- und somit auch der Kehlkopfstellung zur Folge haben, wenn nicht durch eine neue Muskelthätigkeit kompensirend eingewirkt wird. Jede kleine Hebung oder Senkung des Kopfes oder Brustbeins ändert gleichfalls das ganze Verhältniss, oder macht neue Muskelanstrengungen erforderlich, wenn das übrige Verhältniss aufrecht erhalten werden soll. Nimmt man nun noch die zwischen Zungenbein und Kehlkopf, sowie die zwischen diesem und dem Brustbein liegenden Muskeln dazu, und erwägt man das durch dieselben mögliche statische Wechselverhältniss zwischen Zungenbein und Kehlkopf; bedenkt man, dass mittels der Mm. hyothyreoidei beide letztern Organe bald zu einem festen Körper verbunden werden können, so dass der eine den Bewegungen des andern folgen muss, von welchen nach Umständen bald die des einen, bald die des andern die primäre oder die sekundäre sein kann, bald — bei Relaxation dieser Muskeln — beide Organe von einander weichen und jedes derselben seinen eigenen Weg gehen kann, dass ferner durch die beide Organe gleichfalls in verschiedenen Modifikationen nach hinten und oben ziehenden Mm. hyo- et laryngopharyngei die Stellung jener sowohl zu einander als auch zu den entferntern Organe verschiedentlich sich abändern lässt: so hat man eine ungefähre, aber immer noch nicht vollständige, Einsicht in die fast unendliche Fülle von Varietäten, die bei der Lage und Fixation des Kehlkopfs am Halse vorkommen können. Gebe ich einen möglichst tiefen Ton, z. B. E oder F an, so ist die verhältnissmässig grösste Relaxation der oberhalb des Kehlkopfs liegenden Muskeln vorhanden: bei hohen Tönen das Gegentheil. Der Kehlkopf steht dort so tief als er überhaupt herabtreten kann, die obere Kehlgrube ist vorhanden, die Kehlfurche ist zum Theil verschwunden, dafür treten die halbmondförmigen Falten auf, die sich von den Schenkeln und obern Ecken des kleinen Kehldreiecks seitlich und aufwärts ziehen. Es findet also an diesen Stellen eine Einziehung oder Einengung des Kehlkopfs oder der hier liegenden Weichtheile Statt, was auf eine Retraktion des Zungenbeins und des Schildknorpels hindeutet. Auch die innere Kontur des M. sternocleidomastoideus wird sichtbarer, und bei genauer Aufmerksamkeit auf die untere Halsgrube bemerkt man, wie sich der M. omohyoideus aufrichtet und verkürzt. Gebe ich nun die Oktave dieses Tones (e oder f) an, so verschwindet die obere Kehlgrube, welche gleichsam ausgefüllt wird, die ganze Zungenbeingegend tritt mehr hervor, das kleine Kehldreieck reducirt sich, der Umfang des Halses in der Gegend zwischen Zungenbein und oberem Kehlkopfrand wird grösser, die untere Halsgrube wird durch den mehr vortretenden Omohyoideus planer, die untere Kehlgrube wird tiefer, der Sternocleidomastoideus dicker und härter. Besonders wahrnehmbar sind alle diese Veränderungen, wenn man vom tiefen Tone unmittelbar in den hohen übergeht. Gehe ich noch höher, etwa von e nach g und h und wieder zurück, so ziehen sich die Hebemuskeln noch mehr zusammen, die Kehlfalte bildet sich mehr aus, und rückt tiefer, das kleine Kehldreieck fast ganz absorbirend, weil die darüber liegenden Muskeln verdickt und verkürzt werden; auch die seitlichen Halsmuskeln

werden mehr gespannt. Gehe ich von einem mittlern Tone meines Stimmbereichs zu einem der höchsten, die mir mit Bruststimme möglich sind, z. B. von f in beliebigen Stufen und bei mässigem Luftvorrath nach f¹, und halte diesen hohen Ton piano eine Zeitlang, so rückt während dieses Haltens das Zungenbein sammt dem angezogenen Schildknorpel nicht nur allmälig mehr aufwärts, sondern auch merklich vorwärts, so dass der Umfang meines Halses dadurch in dieser Zone zunimmt. Mittels eines Tasterzirkels lässt sich dieses Phänomen am besten nachweisen. Natürlich werden dabei die Genio- und Mylohyoidei, je weiter der Zug geht, desto stärker angespannt und verkürzt, auch die Sternomastoidei werden hart und fixirt. Gebe ich dagegen dieses f¹ sofort oder nach Vorausgang eines oder zweier kurzgehaltener tiefern Töne mit vollem Athem, also bei tieferm Kehlkopfstande an, so vermag ich ihn *sin al forte* zu schwellen und ziemlich lange auszuhalten, ohne dass dabei jene specifischen Kehlkopfbewegungen eintreten. Der Kehlkopf bleibt aber fixirt, und auch die Sternomastoidei treten in völlige Kraft; der Durchmesser des Halses ist in dieser Gegend einige Linien geringer, als bei voriger Manier. Ueberhaupt verhalten sich bei Crescendo und Forte die betheiligten Organe im Allgemeinen und für mässige Grade ebenso, wie bei geschlossenem Munde. Aber bei offenem Munde ist natürlich eine viel ausgiebigere Klanggebung möglich, als bei geschlossenem: das eigentliche Forte und Fortissimo tritt erst jetzt ein. Dabei wird der Kehlkopf fast auf einem ziemlich gleichbleibenden, tiefen Standpunkt festgehalten, ohne jedoch dem Einfluss der Tonstufen sich ganz zu entziehen; alles, was Muskel heisst über, unter und neben dem Kehlkopf ist gespannt, die Stimmfalten sind markirter, als vorhin, die Kehlfalten dagegen fallen wegen der stärker hervortretenden Anschwellung der Digastrici weniger in die Augen, desto mehr die Grenzfurchen für den M. sternocleidomast., der sich stärker kontrahirt, dabei sichtlich nach innen sich drängt und das grosse Kehldreieck verkleinert. Die untere Kehlgrube erscheint dadurch tiefer; am wenigsten verändern sich die obern Halsgruben. Alles ist voll und kompakt, das Volumen und der Umfang des Halses hat auf allen Zonen desselben erheblich zugenommen. Der Thorax wird in seinem Inspirationsaufzuge durch sämmtliche Hülfsmuskeln (Serratus ant., pectoral. etc.) entweder einfach festgehalten, so dass die Bauchmuskeln kräftig sich zusammenziehen können, oder sogar für die nächsten Töne, wenn dieselben eine höhere Schwingungszahl bekommen und an Stärke nichts verlieren sollen, in seiner untern Abtheilung verhältnissmässig dilatirt, und dabei das Epi- und Mesogastricum einwärts gezogen; erst wenn die Tonstärke nachlässt, senken sich die untern Rippen und die Bauchwand tritt wieder vor. Am auffallendsten ist diese während der Exspiration eintretende Dilatation der Thoraxbasis und Einwärtsziehung des Mittelbauchs, wenn ein *p* oder *mf* begonnener Ton plötzlich geschwellt oder stark gegeben wird (sforzato, rinforzato), besonders wenn es auf einer höhern Stufe geschieht; weniger bei der allmäligen Verstärkung eines und desselben Tones. Wird ein Ton mit vollem Athem forte eingesetzt, und bald wieder abnehmen gelassen, so senken sich die untern Rippen ziemlich rasch, die Thoraxbasis wird schmäler, das Epi- und Mesogastrium tritt vor. Werden mehrere Töne in einem Athem hintereinander in dieser Weise (sforzando) gegeben, z. B.



so wiederholt sich für jeden folgenden Ton der Aufzug der Thoraxbasis, jedoch in einem der Abnahme des Luftvorraths entsprechend abnehmenden Verhältniss. Bei der Manier dagegen, wo der Ton crescendo gestossen wird,



unterbleibt das Aufziehen der Thoraxbasis fast ganz, nur die obere Abtheilung der Bauchwand zieht sich rasch einwärts, und die epigastrische Längenfurche bildet sich bei jedem Tonstosse sehr merklich; natürlich verschmälert sich in allen diesen Fällen das epigastrische Dreieck mit jedem neuen Tone immer mehr.

Aber wir müssen nun auch in den Mund sehen, um die Bewegungen kennen zu lernen, welche die dem Auge zugänglichen innern Theile machen. Dass die Zungenwurzel bei tiefen Tönen tief, tiefer, als bei hohen, stehen muss, geht aus der hier äusserlich fühlbaren Tiefstellung des Zungenbeins hervor. Dennoch hebt sich der Zungenrücken für die tiefen Töne, während sich das Gaumensegel senkt, der Bogen des Isthmus sammt dem Zäpfchen muss daher eine tiefere Lage annehmen. Das Zäpfchen hängt dabei schlaff und lang herab, so dass der Stimmkanal oder die hintere Apertur der Mundhöhle verengt wird. Bei den hohen Tönen verhält sich Alles umgekehrt. Das Zäpfchen hebt sich, offenbar um die hintere Mundöffnung, den Isthmus zu erweitern, die Zunge dagegen, obwohl ihre Basis höher, als bei den tiefen Tönen steht, senkt sich, wölbt sich sogar rinnenartig bei den höchsten Tönen aus, während das Zäpfchen durch Retraktion völlig geschwunden ist, und der Isthmus fast dreieckig erscheint. Bei den tiefen Basstönen legt sich Isthmus und Zunge fast ganz gegeneinander, um die hintere Mundapertur so klein und eng als möglich zu machen. Bei Piano wird überhaupt caeteris paribus die Apertur etwas kleiner, bei Forte weiter. Magendie's Behauptung, der Isthmus werde bei hohen Tönen enger, beruht auf einer optischen Täuschung.

Nach Garcia stellt sich das Gaumensegel klappenartig (sous forme de biseau) vor die Luftsäule, und bricht und theilt dieselbe in 2 Ströme, einen nasalen und oralen, die nach dem Neigungswinkel des Velum verschieden ausfallen müssen. Die (der des Kehlkopfs folgende) Bewegung der Zunge ist der des Gaumensegels entgegengesetzt: wenn letzteres sich wölbt, senkt sich Zungenrücken und Kehlkopf, und der Isthmus wird oval; umgekehrt hebt sich die Zunge beim Senken des Velums bis zur Berührung. – Ist der Kehlkopf gesenkt, so dirigirt er die Luftsäule vertikal; ist er wieder aufgestiegen, so kann er je nach der erhaltenen Hebelbewegung (diese ist nicht so variabel, als Garcia sich hier vorzustellen scheint) den Luftstrom gegen den Gaumenbogen, oder unter oder über denselben, oder ganz nach vorn gegen die Knochenpartie der Backenhöhle führen. — Letztere Behauptungen Garcia's bedürfen einer Berichtigung, insofern weniger eine Verschiedenheit in der Neigung des Kehlkopfs, als vielmehr der Zungenbasis, des Gaumensegels und des ganzen Kopfes eine Ablenkung des tönenden Luftstromes bewirkt. Davon mehr später.— Von d an hebt sich (nach Garcia) das Velum für das dunkele Timbre, um endlich [bei steigender Tonhöhe] die Choanen ganz zu schliessen. Die Zunge vertieft sich, der Pharynx ist verlängert und ausgehöhlt, die tönende Masse hat eine lange, in rechtem Winkel gebogene Form angenommen, der Ton ist rund, voll und bedeckt. Die

Vokale e, o (fermés) und u (ou) zeigen das dunkele Timbre, i kann beide Timbres annehmen.

Der Umfang des bei offenem Munde erzeugbaren Brustregisters piano oder mezzo forte mit dunklem Timbre beträgt kaum mehr, als bei geschlossenem Munde. Nach oben ist die Grenze schwerer zu bestimmen, als nach unten. Selten rückt sie bei einem Bassisten, der F und E erreichen kann, höher als $c^1 - d^1$; die höhern Töne sind fast nur forte, d. h. durch verstärkte Lufttension zu erreichen. Ueber diese die obere Grenze dieses Registers erweiternden Töne sprechen wir geeigneter an einer spätern Stelle.

Was die Masse der zu Brusttönen verschiedener Schwingungszahl erforderlichen Luft anlangt, so beobachten wir, dass sich hohe Töne länger forte halten lassen, als tiefe: letztere erfordern demnach caet. par. mehr Luft, als erstere.

Helles Timbre. — Während beim dunkelen Timbre der Kehlkopf im Allgemeinen eine tiefe Stellung am Halse einnimmt und behält, stellt sich dieses Organ für das helle Timbre höher. Nach Garcia steht der Kehlkopf für den tiefsten Brustton etwas unter dem Nullpunkt (position de repos), dann steigt er mit dem Tone allmälig, bis er mit dem höchsten Brustton gegen die Kinnlade stösst und eine merkliche Hebelbewegung (nach welcher Richtung, wird nicht gesagt) erleidet, die man fühlen kann. Diese letzten (höchsten) Töne sind mager und gewürgt (étranglées), der Kopf bewegt sich dabei etwas nach hinten, um die Hebung des Kehlkopfs zu erleichtern. Der Pharynx erweitert sich für die tiefste Note mehr, als im Ruhezustand; aber je höher der Ton steigt, destomehr verengt sich jener, alle Theile desselben nähern sich, die Choanen stehen für die Luftsäule offen, gleichwohl geht die tönende Luftsäule durch die ihr vom Kehlkopf gegebene Richtung gegen den knöchernen Gaumen. Die Mundwinkel werden von einander entfernt. Vorzugsweise bieten die Vokale a, e, o, ouvert pronuncirt, das helle Timbre dar, auch i (und ü) nach Umständen, während u (franz. ou) immer das dunkele Timbre zeigen soll. — Die verschiedenen Stärkegrade der Stimme üben nach Garcia keine merkliche Modifikation auf die Bewegungen der Organe aus. Umgekehrt ist es, sobald der Sänger die Klangfarbe verändert: wenn das helle Timbre dunkel werden soll, so hebt sich sofort der Gaumen, besonders wenn der Sänger die Stimme voluminös machen will.

Meine Beobachtungen und Versuche über das Timbre clair, das der voix ordinaire oder blanche von Diday und Pétrequin entspricht, haben wir etwa Folgendes gelehrt.

Der Kehlkopf steht hier im Allgemeinen für dieselben Töne höher, als beim dunklen Timbre, etwa um 4'''. Diesem höheren Standpunkte des Kehlkopfs entspricht der phonische Nullpunkt dieses Timbres. Dieser liegt gleichfalls etwa 4—5 Stufen höher, als der des dunklen Timbres. Liegt z. B. der phonische Nullpunkt des letztern auf H, so liegt der des hellen Timbres etwa auf f. Aus diesem Umstand erklärt es sich, warum der sogenannte Sprechton vieler Individuen, namentlich solcher, die oft singen und ihr Organ überhaupt geübt haben, nach den Umständen seiner Höhe nach so sehr wechselt. Manche Bassisten sprechen nur im Timbre clair und werden deshalb auf das erste Anhören leicht für Tenoristen gehalten, weil ihr Sprechton dem phonischen Nullpunkt ihrer gewöhnlichen Gesangsstimme nicht entspricht.

Während ferner auf den statischen Nullpunkt des Kehlkopfs bei mir etwa das (piano angegebene) d mit dunklerem Timbre zu stehen kommt, erscheint daselbst das G mit hellem Timbre. Von hier aus fällt der Kehlkopf für die tiefsten Töne, die mit diesem Timbre möglich sind — wir werden sogleich sehen, dass dieselben weit tiefer, (bis in die Contra-Oktave) herabgehen, als beim dunklem Timbre möglich — etwa nur noch 3 — 4‴. Dagegen erhebt sich der Kehlkopf vom statischen Nullpunkt an (G) für die höhern und höchsten Töne, die hier möglich sind (etwa bis d^1 oder e^1) so hoch, als er überhaupt kann, also bis etwa 10 — 12‴ über Null, so dass der ganze Spielraum des Kehlkopfs etwa 14 — 16‴ beträgt, d. h. einige Linien mehr, als der des dunklen Timbres, oder fast eben so viel, als der bei geschlossenem Munde.

Es dürfte nicht unangemessen sein, einige bei diesen 3 verschiedenen Varietäten des Brustregisters beobachtete phonische Kehlkopfstände in einer tabellarischen Uebersicht vorzuführen. Das Zeichen ⊙ bedeutet den statischen, 0 den phonischen Mittelpunkt.

		1	2	3		4		5	6
Abstand des Kehlkopfes vom Sternum.	Scala	Töne bei geschlossenem Munde				Töne bei offenem Munde.			
		Freie Bewegung.	Beschränkte Beweg.	Erweiterte Beweg.		Dunkeles Timbre piano		Dunkeles Timbre forte.	Helles Timbre.
3″ 4‴	+ 12	—	—	d^1—dis^1		—		—	e^1 (schwie-
3″ 3‴	11	—	—	d^1		—		—	d^1—es^1 rig)
3″ 2‴	10	—	—	h—c^1		—		—	c^1—cis^1
3″ 1‴	9	—	—	f—a 0		—		—	h
3″ —	8	—	—	d—e		—		—	b
2″ 11‴	7	—	—	cis		—		—	a
2″ 10‴	6	c^1	—	-		—		—	g
2″ 9‴	5	h	—	c		—		—	f 0
2″ 8‴	4	g—a	—	-		d^1		—	es (c *piano*)
2″ 7‴	3	e—f	—	H		h—c^1		—	cis
2″ 6‴	2	c—d	—	-	B	g—b		—	H—c
2″ 5‴	1	H	—	B	A	e—fis		—	A (c *mf*)
⊙ 2″ 4‴	⊙	0 A	—	A	G-Fis	d		—	G (c *mf*)
2″ 3‴	— 1	Gis	—	Gis	F	c		—	F
2″ 2‴	2	G	—	G	E	0 B		—	E
2″ 1‴	3	Fis	—	Fis	D	G—A		—	D
2″ —	4	F	—	F	C	Fis		—	C—H_1
1″ 11‴	5	-	—	-	H_1	F		—	—
1″ 10‴	6	-	—	-		E	F	e^1—f^1	—
1″ 9‴	7	E	cis^1	E		Es	E	c^1—d^1	—
1″ 8‴	8	-	a—h	-		D	E	a—h	—
1″ 7‴	9	-	c—g	-		—	-	c—g	—
1″ 6‴	10	Dis	0 A—H	Dis		—	Dis	0 A—H	—
1″ 5‴	11	-	Fis—G	-		—	-	Fis—G	—
1″ 4‴	12	D	E—D	D		—	D	E	—

Wir können auf die Betrachtungen, zu welchen diese Tabelle Anlass giebt, hier noch nicht vollständig eingehen: ich bemerke nur vorläufig, dass die hier verzeichneten Kehlkopfstände keine festen Normen abgeben können, sondern nur ungefähre Typen für die verschiedenen Manieren, den Ton zu bilden und zu emittiren, wie sie zu verschiedenen Zeiten, also auch verschiedener Anspruchsfähigkeit des Organs, von und an mir angestellt worden sind, andeuten sollen. So sind die beiden Unterabtheilungen der Ko-

lumne 5 nur zwei Varietäten, zu verschiedenen Zeiten beobachtet. Dagegen entspricht die zweite Reihe der Kolumne 3 den Paralleltönen der Kolumne 6. Was aber diese Tabelle, ungeachtet aller Unsicherheiten der einzelnen Angaben, deutlich und bestimmt genug darstellt, ist der bedeutende Unterschied des Kehlkopfstands nicht nur zwischen 1 und 2, 4 und 5, sondern auch der durch das Timbre bedingte Unterschied zwischen 1 und 3, sowie zwischen 4 und 6.

Wir kehren zum hellen Timbre zurück. Ein nur oberflächlicher Blick auf die Tafel lehrt, dass die Bewegung des Kehlkopfs innerhalb der Scala der hierher gehörigen Töne keine gleichförmige ist. Während für die höchsten Töne der Kehlkopf sich nur wenig, für die tiefsten auch nicht sehr ausgiebig bewegt, durchläuft er von c bis c^1 einen Weg von 8'''. Beim dunkelen Timbre finden wir gerade das Gegentheil: hier sind die Kehlkopfbewegungen bei den mittleren Tönen geringer, bei den hohen und tiefen grösser. Ferner finden wir eine auffallende Aehnlichkeit der die hellen Timbres darstellenden Kolumne 6 mit der die erweiterte Bewegung der mit geschlossenem Munde erzeugten Töne verzeichnenden Kolumne 3, wenigstens wenn wir von + 2 an die 2. Abtheilung derselben berücksichtigen, welche die tiefen Töne auf der Stelle verzeichnet, die sie bei Beibehaltung des den höhern Stand der obern Töne bedingenden Kehlkopfmechanismus einnehmen. In der That finden wir, wenn wir vergleichende Versuche bei offenem und bei geschlossenem Munde anstellen, dass jene ganze Reihe Töne No. 3 von + 12 an bis − 5 durch denselben innern Kehlkopfmechanismus erzeugt wird, den wir bei den Tönen der Kolumne 6 beobachten.

Was die äusserlichen sinnlich wahrnehmbaren Veränderungen der Muskeln anlangt, so finde ich hier besonders Folgendes zu bemerken. Der Kopf wird behufs der bequemern Erzeugung dieses Timbres merklich rückwärts bewegt, so dass die Augen einige Grad über den Horizont sehen; namentlich gilt dies für die höchsten Töne, die mit diesem Timbre zu erreichen sind. Aus diesem Grunde liegt auch der statische Nullpunkt in der Regel etwas, etwa 1''' höher, als beim dunklen Timbre, vorausgesetzt, dass dabei die Augen gerade aus sehen, und der Kopf nicht, wie behufs der Erzeugung der tiefsten Töne häufig geschieht, nach vorn gesenkt wird, in welchem Falle natürlich auch der statische Nullpunkt des Kehlkopfs nach unten rückt. Bei den mittlern, leicht ansprechenden Tönen scheint fast gar keine sonderliche Muskelthätigkeit wahrnehmbar zu sein; der Kehlkopf bewegt sich mit grosser Leichtigkeit je nach der Tonstufe auf und ab, und lässt sich leicht seitlich verschieben. Bei den hohen und höchsten Tönen dagegen ist das Zungenbein fast gar nicht mehr vor lauter Spannung der hier liegenden Muskeln zu fühlen; das kleine Kehldreieck ist fast ganz verstrichen, das Pomum bildet nur noch eine ganz geringe Vorragung, ausserdem erscheint auf der Luftröhre eine Längenfurche, durch Vortretung der Mm. sternohyoidei. Die Musc. geniohyoidei sind beim höchsten Tone sehr gespannt und verkürzt, dadurch das Zungenbein und mittels des M. hyothyreoid. der Kehlkopf merklich vorgezogen, so dass der gerade Durchmesser des Halses hier sich beträchtlich vermehrt. Ueberhaupt fängt der Kehlkopf schon bei mittelhohen Tönen dieses Timbres an, vorzutreten, was beim vorigen Timbre nicht der Fall war. Der M. sternocleidomastoideus wird wenigstens für die drei höchsten Töne merklich gespannt, und es erscheint die untere Kehlgrube dadurch vertieft. Ausserdem erscheint

auch die obere Halsgrube vertieft, der Pharynx also verengt: überhaupt sind wohl sämmtliche vordere Halsmuskeln, namentlich die Heber und seitlichen Kompressoren des Kehlkopfs, mehr oder weniger angespannt, wenn auch nicht alle dabei verkürzt werden. An den Bauchmuskeln sind dieselben Kontraktions- und Associationsphänomene wahrzunehmen, wie beim gewöhnlichen Register, nur weniger ausgiebig und hervortretend.

Mit diesem Timbre gestattet das Brustregister keine so grosse Tonerhöhung, als mit dem gewöhnlichen Timbre bei tieferem Kehlkopfstande. Ebenso erlaubt es keine bedeutende Schwellung der einzelnen Töne. Ein eigentliches Forte ist hier gar nicht möglich. Man fühlt deutlich, dass weniger Luft auf einmal in Schwingung gesetzt wird, dass sich die Glottis weniger öffnet, als für das Timbre obscur. Aus diesem Grunde fällt auch der Kehlkopf, wenn ein piano eingesetzter Ton geschwellt wird, nur wenig, etwa 1 Linie; decrescendo steigt er gewöhnlich etwas über den anfänglichen Standpunkt.

Wenn man mit diesem Timbre, oder richtiger und bezeichnender gesagt, Mechanismus etwa bis c oder H herabgegangen ist, und sucht noch tiefer herabzusteigen, so erscheinen Töne, welche die grösste Aehnlichkeit mit den des sogenannten Strohbassregisters zeigen. In der That lässt sich auch bei genauerer Untersuchung schlechterdings kein Unterschied zwischen diesen Tönen und den nach andern Vorläufern erzeugten Strohbasstönen auffinden, so dass ich mich zu der Ansicht gedrängt sehe, dass das ganze sogenannte Strohbassregister nichts Anderes ist, als der Komplex der tieferen, nach unten fortgesetzten Töne des mit Timbre clair begonnenen Brustregisters. In dieser Hinsicht muss ich Garcia widersprechen, welcher den Unterschied beider Timbres erst etwa von d an auftreten lässt, während er für die tiefern Töne nur Ein Timbre aufstellt. Gleichwohl waren ihm die sogenannten Strohbasstöne nicht unbekannt. Er nennt sie das Contrabassregister. Aber er wusste sie deshalb nicht mit seinen Timbres in Verbindung zu bringen, weil er er irrig annimmt, dass in der Regel eine Lücke zwischen dem tiefsten Brust- und den ersten Contrabassnoten existire, während nur tiefe Basssänger diese Lücke nicht zeigten und selbst Paralleltöne besässen. Ueber den nähern Mechanismus dieses Registers lässt er sich freilich gar nicht näher aus. Er sagt nur, dass der Kehlkopf, wenn er bei den tiefsten Brusttönen unter seinen Nullpunkt gekommen, beim Contrabass so hoch als möglich gehoben werde. Freilich vermochte Garcia an seinem eigenen Organ nicht die erforderlichen Versuche selbst anzustellen, da er nur „einen sehr tiefen, rauhen Grunzton“ damit erzeugen konnte. Ausgebildet will er dies Register vorzugsweise an russischen Kirchensängern, namentlich an Yvanoff, der damit bis G_1 herabsteigen konnte, beobachtet haben.

Wie dem auch sei, so viel ist gewiss, dass das, was wir hierorts und wohl auch sonst in Deutschland Strohbass nennen, mit demselben Mechanismus des Kehlkopfs erzeugt wird, mit welchem mutatis mutandis die Töne d — d^1 bei hohem Kehlkopfstande, also mittels des von Garcia und andern für das helle Timbre adoptirten Mechanismus hervorgebracht werden. Unserer Ordnung gemäss können wir von diesem innern wesentlichen Mechanismus zwar erst später genauer handeln, aber soviel können wir schon ohne diese genauere Kenntniss wahrnehmen, dass mit derselben Leichtigkeit, mit welcher den mittlern Tönen dieses hellen Registers (wir wollen einmal diesen Ausdruck gebrauchen) sich die obern,

z. B. c', d', anfügen lassen, auch die tiefern und tiefsten Töne, von d an bis in die obern Töne der Contra-Oktave, ohne irgend eine Aenderung des Mechanismus, erzeugt werden können. Pétrequin und Diday haben aus diesem Grunde, eben weil diese ganze Tonreihe ohne die geringste Ermüdung oder Anstrengung der Organe, mit dem möglich geringsten Aufwande an Luft und Muskelkraft, gebildet werden kann, nicht Unrecht, wenn sie diese Tonreihe voix ordinaire, voix blanche nennen. Denn, wie bereits erwähnt, es wird gerade diese Varietät des Brustregisters da angewandt, wo man viel und schnell in einem Athem singen oder sprechen will, es ist das eigentliche Parlando-, Buffo- und Soubretten-Register, es erlaubt eine leichtere, schärfere und deutlichere Artikulation, als das dunkele Timbre, schon aus dem Grunde, weil hier bereits die ursprüngliche Artikulation der tönenden Luftsäule in der Stimmritze eine schärfere, bestimmtere ist.

Hierzu kommt, dass man es ganz gut in seiner Gewalt hat, aus dem einen Timbre in das andere überzugehen, je nachdem es der dramatische oder deklamatorische Ausdruck erfordert. In einer mit künstlerischem Bewusstsein bewirkten, dem speciellen Bedürfniss angemessenen Abwechselung beider Timbres beruht zum grossen Theil die Kunst des Sängers sowohl als des Deklamators, während eine einseitige Bevorzugung des einen oder andern dem Gesange oder der Rede eine Monotonie aufprägt, die sich mit der Kunst nicht verträgt.

Endlich besitzen wir auch in dem Timbre clair ein Mittel, den Uebergang aus dem Brustregister in das Falsetregister auf eine dem Ohre unmerkliche Weise zu bewirken, wie denn überhaupt der Mechanismus des hellen Timbre mit dem des Falsetregisters eine gewisse Aehnlichkeit zeigt.

Wenn man während des Erzeugens von Tönen, die das Timbre clair besitzen, in den Mund blickt, so bemerkt man bei schwachem Einsetzen eines mittlern oder tiefern Tones keine auffallende Veränderung an der Uvula oder an den Pfeilern des Isthmus; bei scharfem Einsatz dagegen rücken letztere etwas gegen einander, und das Zäpfchen geräth in eine zitternde Bewegung, die nach oben geht, und das Organ etwas verkürzt und runzelt, ohne dass es dabei dicker wird; decrescendo lässt diese Bewegung nach, und das Zäpfchen nähert sich so ziemlich wieder seinem Indifferenzzustand. Doch bleibt die Spitze des Zäpfchens etwas verschmälert und ragt wie ein kurzer Nagel aus der obern Wölbung des Isthmus nach unten hervor. Beim Aufsteigen des Tones wird jene Bewegung und Verkürzung des Zäpfchens permanent, es zieht sich, je höher der Ton kommt, immer mehr nach oben zurück, bis es etwa auf $\frac{1}{4}$ geschwunden ist. Die Pfeiler des Isthmus weichen dabei allmälig, wenn auch nicht in gleichem Verhältniss, auseinander, sie werden dicker, gespannter; die obere Wölbung des Isthmus ist ziemlich eben geworden, da das Zäpfchen nicht mehr aus ihr hervorragt; der senkrechte Durchmesser des Isthmus ist nach oben um so viel länger geworden als die Uvula an Länge abgenommen hat, also etwa um 4 — 5'''. Der Zungenrücken verändert dabei seine Lage wenig, er bleibt immer so weit gehoben, dass die mittlere und untere Zone des Isthmus dem Auge entzogen ist. Doch steht er für die hohen und höchsten Töne etwas tiefer, als für die tiefen Töne. Die ganze hintere Mundöffnung wird jedenfalls mit der Erhöhung des Tones erweitert. Bei den tiefen und tiefsten Tönen kommt das Zäpfchen zur Ruhe, es fällt und verlängert sich wieder, die Pfeiler des Isthmus nähern sich, der Zungenrücken hebt sich etwas, und die ganze hin-

tere Apertur erscheint kleiner. Bedenkt man aber, dass für die hohen Töne das Zungenbein und also auch die Zungenbasis steigt, für die tiefen Töne fällt, so dürfte sich der eben angegebene Unterschied in der Grösse und Weite der Isthmus-Oeffnung so ziemlich ausgleichen. Die wesentlichen Veränderungen beschränken sich demnach zunächst auf das Verhalten des Zäpfchens und des Zungenrückens.

bb. Das Falset- oder Fistelregister.

Ob ein singendes oder sprechendes Individuum einen Brust- oder einen Fistelton auf seinem Stimmorgan erzeugt, das weiss es, sobald es nur einmal den Unterschied beider Register an sich erfahren hat, sofort und bestimmt, weil es den specifischen Mechanismus, durch welchen es einen solchen Ton erzeugt, an sich selbst deutlich genug fühlt. Aber der Zuhörer, selbst der musikalisch gebildete, vermag nicht in allen Fällen herauszuhören, ob ein gewisser Ton, den er singen oder sprechen hört, ein Fistel- oder ein Brustton sei, wofern nämlich das tongebende Individuum es versteht, den Klangunterschied seiner beiden Register durch die Kunst zu verwischen, und namentlich den Uebergang aus dem einen in das andere Register dem Zuhörer unmerklich zu machen. Guten Sängerinnen gelingt dies leichter, als Sängern. In der Regel vermag jedoch ein musikalisch gebildetes Ohr, da ja an wahren Gesangskünstlern eben kein Ueberfluss ist, einen gehörten Fistelton leicht von einem Brustton zu unterscheiden, und zwar schon an den Merkmalen, die wir oben als charakteristisch für die Fisteltöne aufgestellt haben. Tosi*) sagt: Wer neugierig ist, das Falset bei einem, der es zu verbergen weiss, zu entdecken, der bemerke, dass derjenige, welcher sich dessen bedient, auf den hohen Tönen den Selbstlaut I mit mehr Kraft und weniger Mühe ausspricht, als das A.

Eine physiologische Definition der Fisteltöne oder des Fistelregisters können wir natürlich erst geben, wenn wir den Mechanismus der dabei wesentlich betheiligten Organe vollständig kennen gelernt haben. Vor der Hand beschränken wir uns auf das zunächst liegende, sinnlich wahrnehmbare, wobei wir an das bisher Erforschte anknüpfen und die erforderlichen Vergleichungen anstellen werden.

Was den Bereich und Umfang des Fistelregisters anlangt, so ist derselbe etwa ebenso gross, als der des Brustregisters. Bei mir geht das Fistelregister von d bis e^2—f^2; es liegt also etwa 1 Oktave über dem Brustregister. Denn das d vermag ich mit Fistel eben nur so piano und nur bei günstiger Disposition zu erzeugen, als das D mit Bruststimme; f^2 macht mir jedoch mit Fistel mehr Schwierigkeit, als f^1 mit Bruststimme. Ziemlich dieselbe Lage und Umfang giebt dem, was wir unter Fistelregister verstehen, Garcia. Bei Weibern reicht es verhältnissmässig noch tiefer herab, als bei Männern, ohne desshalb nach oben früher aufzuhören. Nach Garcia haben die Kinder im Allgemeinen einen geringern Umfang von Bruststimmen, anfangs von c^1 bis g^1, später von a bis cis^2. Das Falset ist die gewöhnliche Sprechstimme der Kinder [auch vieler Frauen und Männer] und geht (als Kopfstimme, die wir wenigstens nicht als wesentlich vom Falset unterschieden betrachten) bis e^2 und selbst a^2. Bruststimme und reines Falset liegen nach

*) Anleitung zur Singkunst. Aus dem Italienischen von J. F. Agricola. Berlin 1757.

Garcia bei den Kindern übereinander; die Kopfstimme schliesst sich sofort an den höchsten Brustton an. Bei den Frauen läuft gleichfalls das Brustregister dem Falset parallel, doch steigt ersteres etwa um 3—4 Stufen tiefer herab, als letzteres. Die gewöhnlichen Frauenstimmen haben nur die Oktave g—g^1 als Brustregister, ausnahmsweise von e—c^2. Die höhern Töne des Falsetregisters bezeichnet *Garcia* als *Kopfstimme*. Diese reicht bei Weibern bis f^3, bei Männern etwa 1 Oktave tiefer. Viele Männer verlieren dieselbe durch die Mutation, doch behalten nach *Garcia* einige davon noch die ersten drei Töne. Wenn Weiber und Kinder heftig schreien, so bedienen sie sich der Kopfstimme Auch bei vielen Männern, z. B. öffentlichen Ausrufern, lässt sich dasselbe beobachten. Was übrigens vom Ausdruck *Kopfstimme* zu halten sei, wollen wir später untersuchen.

Wir legen zuvörderst den Bereich des Brust- und den des Fistelregisters, wie er sich bei mir und andern ähnlich organisirten Sängern darstellt, übereinander.

D E F G A H c d e f g a h c^1 d^1 e^1 f^1
d e f g a h c^1 d^1 e^1 f^1 g^1 a^1 h^1 c^2 d^2 e^2 f^2

Bei Tenoristen würden beide Reihen etwa folgendermaassen übereinander zu liegen kommen.

A H c d e f g a h c^1 d^1 e^1 f^1 g^1 a^1 h^1
g a h c^1 d^1 e^1 f^1 g^1 a^1 h^1 c^2 d^2 e^2 f^2 g^2 . . .

und wenn wir beide Doppelreihen in die nächsthöhere Oktave transponiren, so werden dieselben eine wenigstens annähernde, vorläufig genügende Idee von dem Verhältniss beider Register, wie es sich bei Alt- und Sopranstimmen darstellt, geben können.

Wir sehen hier auf den ersten Blick, dass eine ziemliche Reihe von Tönen, zusammen ungefähr eine Oktave, mit *beiden* Registern erzeugt werden können. Diese Töne wollen wir *amphotere Töne* nennen. Unterhalb oder links von dieser Reihe liegen die tiefen, nur mit dem Mechanismus des Brustregisters, oberhalb oder rechts von derselben liegen die hohen, nur mit Falset producirbaren Töne. Hieraus lässt sich schon erklären, warum die amphoteren Töne, da sie auf zweierlei Weise erzeugbar sind, hinsichtlich ihres Klanges und ihrer Tonfülle die andern, die wir *hekatere Töne* nennen können, übertreffen müssen, vorausgesetzt nämlich, dass der Mechanismus der ersten und der der zweiten Reihe bei ihrer Erzeugung gleichzeitig thätig ist. Davon später.

Legen wir dagegen die ganzen beiden Tonreihen übereinander, so dass also z. B. D und d, f und f^1 übereinander zu liegen kommt u. s. w., so erhalten wir die *Paralleltöne* beider Register, d. h. die Töne, welche sich ihrer Stellung im Register nach einander entsprechen. Es scheint nicht, wie wir später genauer untersuchen werden, als ob dieser Parallelismus allemal innerhalb der Grenzen einer Oktave stattfinde, in der Regel mager etwas weniger austragen, wenn sich diese Sache auch am ausgeschnittenen Kehlkopf anders verhält. Für die tiefsten Brusttöne scheint es noch eine andere Art paralleler Falsettöne zu geben, welche nur wenige Stufen höher liegen als jene. So erscheint z. B., wenn ich den Ton F zu erzeugen beabsichtige, bei schwacher Luftgebung und bei absichtlich oder zufällig unterlassener Kontraktion des Thyr. aryt. internus (was man übri-

gens, besonders bei leichtem Schleimbeleg oder Trockenheit der Stimmbänder, wie es sehr oft, besonders frühmorgens beim Erwachen, der Fall ist, leicht erlernen kann, wenn es nicht schon freiwillig sich so verhält) der nur 1 Tertie höhere Ton A als Vorton, von ziemlich fistulöser Beschaffenheit, der bei etwas mehr Luftgebung und Kehlkopfarbeit, besonders wenn man einmal geräuspert oder einen Schluck Wasser getrunken hat, in den vollen Bänder- oder Brustton übergeht, eben so wie bei den früher untersuchten Apparaten. Offenbar bleibt hier die Glottis anfangs etwas offen, wie sie im Indifferenzzustand (im Schlaf) zu sein pflegt, und erst beim Erscheinen des Volltons schieben sich die Stimmbänder gehörig gegen einander, um in volle Schwingungen gerathen zu können.

Vergleichen wir ferner die verzeichnete Tonreihe mit der vorhin gegebenen Tafel des Kehlkopfstandes, so finden wir, dass das Fistelregister in Vergleich mit dem Brustregister mit einer Tonstufe beginnt, die, mit dem Mechanismus der Bruststimme erzeugt, etwa auf dem statischen Nullpunkt liegt (s. Kolumne 4); dass also das ganze Fistelregister, vorausgesetzt, dass bei demselben keine Abweichung von den bisherigen Gesetzen stattfindet, mit positivem oder über Null liegendem Kehlkopfstande erzeugt werden muss. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzung fast vollkommen.

Man kann zwar, wenn man durch Erweiterung der hintern Mundhöhlen-Apertur (durch Herabziehen des Zungenbeins) den Kehlkopf tief gestellt hat, auf diesem Stande eben so gut Fisteltöne von beliebiger Höhe erzeugen, als man darauf Brusttöne zu bilden fähig ist, man kann die ganze Fistelscala bei einem Kehlkopfstand von 1″ 4—5‴ bis 1″ 9‴, also fortwährend weit unter Null bleibend, erzeugen; allein das normale Verhalten des Kehlkopfs für das Falset scheint der Hochstand zu sein, während beim Brustregister unter gleichen Umständen für die tiefern Töne der Kehlkopf so tief herabsteigt, als es ihm überhaupt möglich ist, für die hohen dagegen sich mindestens eben so weit über Null erhebt, als er für die hohen und höchsten Fisteltöne steigt. Vergleichen wir also den Gang des freibeweglichen, weder nach unten noch weiter nach oben gewaltsam gezogenen und fixirten Kehlkopfs bei Brust- und bei Fistelregister, so finden wir: dass die Bahn dieses Organs beim Falset für gewöhnlich nur halb so lang ist, als bei der Bruststimme, und zwar genau die obere Hälfte, welche über Null liegt, beschreibt; dass also der Kehlkopf im Allgemeinen für Fisteltöne weniger beweglich ist, als für Brusttöne; dass die Höhe des Kehlkopfstandes von der Höhe der Schwingungszahl nicht allein abhängig ist, indem der höchste Fistelton bei einer doppelt so grossen Schwingungszahl keinen höhern Kehlkopfstand beansprucht, als der höchste Brustton; dass jedoch der tiefste Fistelton sowohl seinem Mechanismus als auch seinem Kehlkopfstande nach mit dem des gleichwerthigen Bruststons, pianissimo gegeben, übereinstimmt, während von hier aus die Unterschiede beider Register allmälig und in steigender Progression sich bemerklich machen, bis nach Erreichung des letzten oder höchsten amphoteren Tons das Fistelregister selbstständig auftritt und auch von diesem Punkte an seine charakteristischen Eigenschaften am deutlichsten hervortreten lässt.

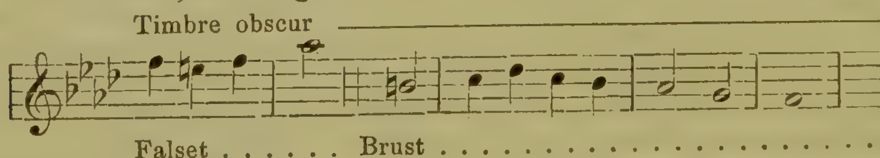
Betrachten wir dagegen den Gang des Kehlkopfs, so weit oder so lang er beim Fistelregister überhaupt möglich ist, so finden wir eine Länge von 1″ 4‴ bis 2″ 9‴ Abstand vom Brustbein. Dies ist wenigstens der Bewegungsbereich meines Kehlkopfs für dieses Register, wenn ich denselben mit allen

Mitteln, die mir zu Gebote stehen, in die Länge ziehe. Er lässt sich jedoch durch absichtliches Fixiren des Kehlkopfs auf einer tiefern Stufe (am Halse) bis auf die Länge von 3 — 4‴ reduciren.

Die durch diese verschiedenen Kehlkopfstände erzeugten qualitativen Modifikationen der Falsettöne unterscheidet Garcia gleichfalls als Timbre clair und Timbre obscur. Beim erstern Timbre, welches offenbar mit dem von uns bisher als normal bezeichnetem Verhalten dieses Registers übereinstimmt, wird der Kehlkopf hoch gestellt, und bewegt sich etwa von 2″ 3‴ nach 2″ 8‴ bis 2″ 9‴, welche Höhe beim Schwellen oder Erhöhen des Tones nicht überschritten wird. Nach Garcia sind hier die Bewegungen des Kehlkopfs, von dem angegebenen Tiefstande des Kehlkopfs an für die höhern Töne sehr leicht, aber beschränkt und wenig ergiebig (reserrés, peu étendus); sobald aber die Stimme Kopfstimme wird, hebt sich der Kehlkopf rasch bis zum Deglutitionsstande: dann werden aber die Töne mager und schreiend. Beim Falset obscur stellt sich nach Garcia der Kehlkopf tief und bleibt bei Tonerhöhung dort stehen, besonders wenn die Töne recht voll werden sollen. Die Kopftöne erzeugt der Kehlkopf auch hier fast immer, indem er mit Rapidität wieder in die Höhe steigt. — Beim Vertiefen, Abnehmen oder Langhalten eines hochständig eingesetzten Fisteltons fällt der Kehlkopf mehr oder weniger, und kann selbst einige Linien unter 0 fallen, nie aber so tief, wie beim vollem Timbre obscur, wofern nicht von neuem inspirirt wurde.

Das Falset obscur eignet sich für den Gesang allerdings besser, als das Falset clair, weil es mehr Klang entwickelt, wegen der grössern Länge des Ansatzrohrs. Die Vokale, namentlich a, e und i, klingen jedoch auf dem Falset clair reiner. Man kann mittels des Timbre obscur selbst solchen Fisteltönen leidlichen Klang geben, die ihrer Tiefe wegen mit Timbre clair (bei hohem Kehlkopfstande) dem Brustregister gegenüber zu sehr abfallen würden. So vermag ich mit Timbre obscur f^1, e^1 und selbst d^1 ziemlich klangvoll zu bilden, was mit Timbre clair mir nicht möglich ist. Das Falset obscur geht bei mir bis cis^2, höchstens bis d^2, wo der Kehlkopf etwa 1″ 10‴ vom Sternum entfernt steht. Will ich noch höher gehen, so springt der Kehlkopf sofort bis auf 2″ 4‴ bis 8‴, mit auffallender Veränderung des Timbres, vermehrter Muskelkontraktion rings um den Kehlkopf; es bildet sich die bekannte Luftröhrenfurche, das Pomum erscheint einwärts gezogen, der Pharynx kontrahirt, auf dem höchsten Tone (f^2) bilden sich zu beiden Seiten des Pomum 2 tiefe Falten, überhaupt treten alle Vertiefungen am Halse grell hervor. Der Ton ist klein, gepresst, erscheint erst nach einem Anlaufshauche u. s. w. Offenbar gehören diese hohen, bei sehr hohem Kehlkopfstande auftretenden Falsettöne den Kopftönen Garcia's an.

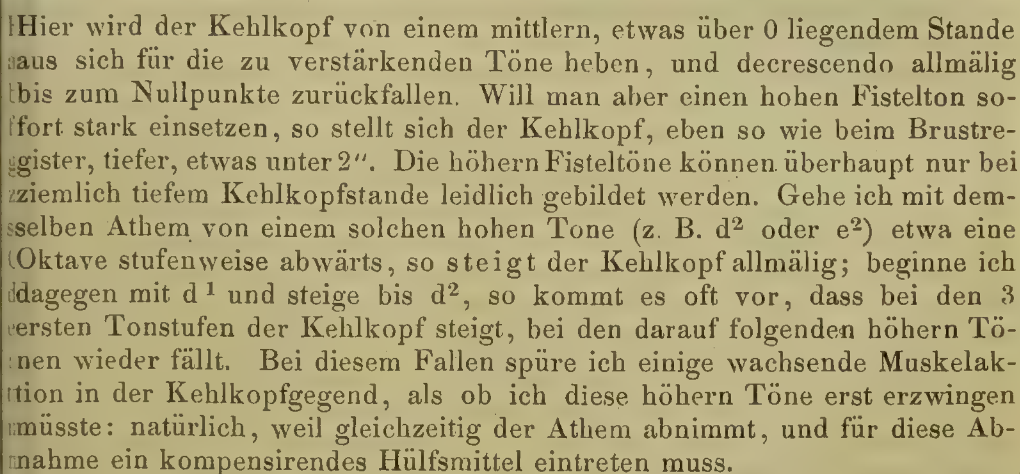
Aus diesem Falset obscur lässt sich bei einigermaassen günstig liegendem und hinlänglich weitem Intervall sehr erfolgreich in die Bruststimme (mit demselben Timbre) zurückgehen, z. B.



Meine besten Fisteltöne sind bei leidlicher Disposition des Organs as^1 bis h^1, am klangvolllsten und schwellbarsten bei tiefem Kehlkopfstande.

Steigen muss der Kehlkopf dagegen beim Falset allemal, wenn ein Ton geschwellt wird, mag er mit so tiefem Stande eingesetzt worden sein, wie man will. Dies ist ein wesentlicher Unterschied vom Brustregister, wo der Kehlkopf beim Schwellen des Tons stets fällt. Dies Steigen kann bis 6—8‴ betragen. Es beträgt verhältnissmässig weniger, wenn gleich von vorn-herein die Seitenmuskeln fixirt wurden. Man kann auch ganz bequem aus einem Timbre (besser „Stand oder Kehlkopfstand") in das andere übergehen, während einer und derselben Exspiration wenigstens aus dem Dunklen ins Helle; man kann den tief eingestellten Kehlkopf bei Aufsteigen des Falsettons (z. B. h—f¹) förmlich loslassen, worauf er so hoch steigt, als man will und kann. Dabei lässt auch die Anspannung der Mm. sternomastoidei nach.

Sonst richtet sich der Kehlkopfstand besonders nach der relativen Lage und Folge des Tones während der Exspirationszeit. Nehmen wir z. B. folgende (in einem Athem zu gebende) Passage:



Hier wird der Kehlkopf von einem mittlern, etwas über 0 liegendem Stande aus sich für die zu verstärkenden Töne heben, und decrescendo allmälig bis zum Nullpunkte zurückfallen. Will man aber einen hohen Fistelton sofort stark einsetzen, so stellt sich der Kehlkopf, eben so wie beim Brustregister, tiefer, etwas unter 2″. Die höhern Fisteltöne können überhaupt nur bei ziemlich tiefem Kehlkopfstande leidlich gebildet werden. Gehe ich mit demselben Athem von einem solchen hohen Tone (z. B. d² oder e²) etwa eine Oktave stufenweise abwärts, so steigt der Kehlkopf allmälig; beginne ich dagegen mit d¹ und steige bis d², so kommt es oft vor, dass bei den 3 ersten Tonstufen der Kehlkopf steigt, bei den darauf folgenden höhern Tönen wieder fällt. Bei diesem Fallen spüre ich einige wachsende Muskelaktion in der Kehlkopfgegend, als ob ich diese höhern Töne erst erzwingen müsste: natürlich, weil gleichzeitig der Athem abnimmt, und für diese Abnahme ein kompensirendes Hülfsmittel eintreten muss.

Während ein piano eingesetzter Brustton, sofern er weder zu den höchsten noch zu den tiefsten Tönen gehört, nicht anders geschwellt werden kann, als bei einigem Fallen des Kehlkopfs, findet also beim Falset unter denselben Verhältnissen das Umgekehrte statt. Nur wo der Ton schon bei hohem Kehlkopfstande eingesetzt wurde, unterbleibt das Steigen. Dies Steigen findet gleichfalls statt, wenn ein Ton längere Zeit hindurch gehalten wird.

Im Allgemeinen ist der Kehlkopf beim Falset beweglicher, weniger fixirt, als bei dem Brustregister; der Umfang der Bewegung ist aber im Allgemeinen geringer. Für die einzelnen Töne jedoch, besonders für die höchsten, kann das Steigen des Kehlkopfs sehr auffallend sein, besonders wenn die allerhöchsten Töne förmlich erzwungen werden müssen. Für den letzten (höchsten) Ton, z. B. f² oder g² kann hier das Steigen des Kehlkopfs ½″ und darüber betragen. In dieser Hinsicht verhält sich der Kehlkopf dem allertiefsten Brusttone analog: die Extreme berühren sich auch hier.

Was die übrigen Muskelkontraktionsphänomene beim Falset anlangt, so vermag ich auf Grund meiner Versuche darüber Folgendes anzugeben.

Die Excisura thyreoid. treibt sich bei mittlern Falsettönen, die eben so gut auch mit dem Brustmechanismus erzeugt werden können, z. B. bei der Passage b c^1 d^1 e^1 f^1 deutlich auf, dagegen nicht, wenn dieselben Töne bei ziemlich gleichbleibender Intensität mit Bruststimme gegeben werden. In letzterem Falle verstreicht erst crescendo die bisher noch sichtbare Vertiefung.

Bei den höchsten, individuell möglichen Fisteltönen, z. B. c^2—f^2 ziehen sich die Pharynxmuskeln zusammen, der Mund wird weiter geöffnet, das Zungenbein sammt dem Kehlkopf gegen das Kinn (wohl nur wegen der Kontraktion des Digastricus), aber auch gegen die Wirbel gezogen, und der Raum zwischen Zungenbein und Schildknorpel wird sehr eng. Der Ringknorpel wird dabei so sehr zurückgezogen, dass er fast gar nicht mehr zu fühlen ist.

Wenn ich die Oktave g – g^1 mit Bruststimme angebe, so wird (für g^1) der Schildknorpel stark unter das Zungenbein, das festgehalten wird, gezogen, was nicht der Fall ist, wenn ich g^1 mit Falset angebe.

Die seitlichen Halsmuskeln, namentlich die Mm. sternocleidomastoidei, bleiben bei leichtgebenden Falsetpassagen ungespannt. Sobald aber Falsettöne geschwellt werden sollen, und dazu der vorhandene Luftfond nicht mehr ausreicht, oder der Kehlkopf bereits zu hoch gestiegen ist, da muss von Seiten dieser, so wie der übrigen Druck- und Fixirmuskeln nachgeholfen werden.

Was die Aktion der Exspirationsmuskeln, überhaupt den ganzen Modus exspirandi, beim Falset anlangt, so haben wir darüber bereits in der ersten Abtheilung dieses Werks S. 61 Einiges bemerkt. Im Allgemeinen treten die Funktionen der Bauchmuskeln, eben so wie die der Fixatoren und des Zwerchfells, beim Fistelregister nicht in so specifischer Weise hervor, als beim Brustregister, weil, wie wir noch genauer untersuchen werden, die Luft des Thorax verhältnissmässig weniger komprimirt ist, und die Glottis sich weiter öffnet, als bei den Brusttönen. Aus diesem Grunde sind auch die Stösse, die jede Unterbrechung einer mit Fistel tönenden Exspiration durch Glottisschluss an der Bauchwand hervorbringt, weit deutlicher sichtbar, als wenn sie caeteris paribus beim Brustregister vorkommen. Sonst kann man die zur Verstärkung des Tones dienenden früher angeführten Exspirationsmodifikationen *) beim Falset eben so gut anwenden, als beim Brustregister. Nur ist hier die Wirkung eine schwächere. Das eigentliche Voll- und Klangreichmachen des Fisteltons wird mehr durch die Kontraktion der Bauchmuskeln, als durch die der Fixatoren und des Zwerchfells erzielt.

Die vom Mund aus sichtbaren Organe des Schlundkopfs und weichen Gaumens verhalten sich beim Falset etwas anders, als bei den Brusttönen. Bei Erhöhung der Falsettöne zieht sich der Schlundkopf und die akcessorischen Schlundmuskeln zusammen, der hintere Gaumenvorhang desgleichen, die Pfeiler desselben rücken einander entgegen, was bei den Brusttönen nicht stattfindet. Das Zäpfchen dagegen zieht sich ebenso, wie bei letztern, in die Höhe, und verkürzt sich bei wachsender Tonhöhe bis zum Verschwinden. Bei tiefen Fisteltönen verhält sich Alles umgekehrt. — Hat man sich eine Zeitlang mit hohen Fisteltönen, namentlich *experimenti gratia,* herumgequält, so fühlt man deutlich ein Anschwellen des Zäpfchens und weichen Gaumens, und das Schlingen ist etwas schmerzhaft geworden: offenbar von

---

*) Vergl. S. 604.

dem Reiz, den ein so dünner, schneidender Luftstrom gegen das gerade überhängende Zäpfchen ausübt, sowie von der starken Kontraktion des Isthmus faucium, welche gleichen Schritt mit der der Glottis zu halten scheint. Nach Garcia verhalten sich die Mund- und Schlundorgane beim Falset ziemlich ebenso, wie bei der Bruststimme. Nur ist hier der Raum des Isthmus enger, als bei der Bruststimme, weil die Zunge sich für die Kopftöne nur in ihrer Mitte deprimirt, während sie sich mit ihren Rändern auftreibt.

Ueber die Verhältnisse der bei den Fisteltönen operirenden Luftsäule habe ich noch folgende Beobachtungen und Versuche mitzutheilen.

Einen tiefen Fistelton kann man nicht lange halten, einen hohen sehr lange. Der Athem geht durch tiefe Fisteltöne verhältnissmässig rasch aus, ebenso wie durch tiefe (durchschnittlich 1 Oktave tiefere) Brusttöne. Sehr hohe Fisteltöne konsumiren so wenig Luft, dass man, nachdem man einen solchen Ton so lange (etwa $1/2$ Minute) ausgehalten hat, bis man genug hatte, immer noch eine ziemliche Menge unverbrauchter Luft exspiriren muss, bevor man von neuem inspiriren kann.

Auf amphoteren Tönen entweicht caeteris paribus bei Fistel mehr Luft, als bei Bruststimme: c^1 als Brustton lässt sich länger halten, als wenn es als Fistelton gesungen wird. Dieselbe Beobachtung hat Garcia gemacht. Setzt man einen solchen hohen Ton mit Bruststimme ein und lässt ihn ins Falset übergehen, so erweitern sich die Nasenlöcher merklich.

Dass die tiefsten Fisteltöne nur piano gegeben werden können, habe ich bereits bemerkt. Sobald man einen solchen Ton schwellen will, so springt er sofort in den Brustmechanismus über. Nur die höheren Fisteltöne, d. h. die zunächst über die obere Grenze des Brustregisters hinaus liegenden, lassen sich schwellen, ohne dabei ins Brustregister überzugehen. Die allerhöchsten Fisteltöne erlauben wiederum keine grossen Modifikationen der Luftgebung.

Wenn man einen Fistelton piano giebt, so wird eine vor den Mund gehaltene Flaumfeder eben so wenig davon bewegt, als durch einen schwachen Brustton. Schwellt man aber den Fistelton als solchen bis zum Forte, so wird, je stärker der Ton, desto mehr die Feder bewegt. Beim Schwellen oder sofortigem Forte-Einsatz eines Brusttons findet zwar auch etwas Bewegung der Feder statt, aber bei Weitem weniger als beim Fistel-Forte.

Auch ohne specifische Messungsinstrumente anzuwenden, überzeugt man sich schon hinreichend durch das Gefühl (was freilich manche neuere Experimentirer so ziemlich verloren zu haben scheinen, da sie es nicht für zeugnissfähig halten), dass bei der Bruststimme die emittirte Luft im Allgemeinen komprimirter ist, als bei der Fistel: selbst bei den hohen Fisteltönen ist die Luft unterhalb der Stimmritze nicht so verdichtet, als bei mässig tiefen Brusttönen. In der That sind ja auch die die Lungenluft komprimirenden Muskeln bei der Fistelstimme weit weniger thätig, als bei der Bruststimme.

Was der bei der Fistelstimme aus der Glottis strömenden Luft an Tension abgeht, wird nun im Ansatzrohre einigermaassen zu ersetzen gesucht. S. die Beobachtungen am Gaumen und Schlundkopf. Daher hört man, wenn man bei geschlossenem Munde einen Fistelton (am besten einen tieferen, z. B. a,) giebt, wie derselbe in den Höhlen des Ansatzrohrs (am deutlichsten natürlich in der Trommelhöhle selbst) weit stärker und hörbarer resonirt, als wenn man gleicherweise einen entsprechenden Brustton (z. B. A) angiebt, der

offenbar mehr in der Brusthöhle selbst resonirt, wie man sich durch die aufgelegte Hand sowohl als durch das Stethoskop überzeugen kann. Dabei kann man (d. h. ein Baritonsänger) noch Folgendes beobachten. Wenn man bei geschlossenem Munde die Tonfolge a—d¹ mit Fistel angiebt, und die einzelnen Töne gehörig schwellt und aushält, so fühlt man an den Backen, und noch mehr an den Lippen des Mundes während der ersten Töne (bei mir während a und h) ein deutliches Vibriren, was sich bis zu einem prikkelnden, unangenehmen Gefühle steigern lässt; beim c¹ lässt diese Empfindung schon sehr nach, und bei d¹ und den folgenden höhern Tönen ist sie ganz verschwunden; die ganze Resonanz im Ansatzrohr nimmt um so mehr ab, je höher der Ton kommt.

Legt man während der Erzeugung der Scala a—c² die Fingerspitze auf das Ligamentum conicum, und schwellt jeden einzelnen Ton so, wie es der Sänger bei der Scala-Uebung zu thun pflegt, so verspürt man ein deutliches Mitschwingen dieses Bandes, um so mehr, je stärker der Ton sich schwellen lässt, also bei f¹ bis c² mehr, als bei den tiefern Tönen. Giebt man dafür eine Scala auf Brusttönen, so hat der Finger auch keine andere Empfindung; dieselbe ist nur da stärker, wo stärkere Schwellung und grösseres Tonvolumen erzeugt werden kann.

Wiederhole ich dieselben Skalen in verschiedenen Lagen, z. B. Falset a—a¹, c¹—c², f¹—d², sodann Brust A—c¹, c—e¹ u. s. w., und lege dabei die Fingerspitze auf die Excisura thyreoideae, um die Bewegung der oberhalb der Glottis befindlichen Luftsäule zu exploriren, so vermag ich mit dem besten Willen auch keine andern Veränderungen wahrzunehmen. Die Empfindung, die hier der Finger erleidet, ist zwar nicht so deutlich, als beim Ligam. conoideum, dessen Fläche man unmittelbarer berührt, indessen sie ist doch immer merklich genug, um, auch beim Falset, nicht übersehen (oder vielmehr überfühlt) werden zu können. Vergl. damit J. Müller's Physiol. II. 195.

Bei diesem Fühlen des Schildknorpelvorsprungs mit dem Finger nimmt man ferner wahr, dass dieser Knorpel bei allen vollen, stark geschwellten Tönen mehr hervortritt, als bei leeren und klangarmen, während die blosse Höhe oder Tiefe des Tons keinen so erheblichen Einfluss darauf hat.

Wenn die Stimme, wie man sagt, ein wenig belegt ist, d. h. wenn sich im Kehlkopf, zwischen den Stimm- und Taschenbändern etwas Schleim verhalten hat, und man aus einem hohen, gut und laut ansprechenden Falsetton allmälig tiefer herabgehen will, so kommt es oft vor, dass diese Töne „unrein" klingen. Am häufigsten begegnet es mir, dass, wenn h¹ der vollste, lauteste Falsetton war (zuweilen ist es b¹ oder a¹) die 3 nächstunteren Töne, a, g, f, diese Unreinheit zeigen, d. h. mit einem Interferenzgeräusch oder Schnarrbeilaut begleitet werden, welcher in der Regel genau 1 Oktave tiefer liegt, als der Hauptton. Ja es kam mir einige Male vor, dass der Beiton fast eben so laut und vernehmlich klang, als der Hauptton, dass ich also eine ganze Passage in richtigen Oktaven singen konnte, wenn dieselben auch gerade nicht schön klangen. Mehr als 3 hintereinander liegende Töne zeigten diese Erscheinung selten. Freilich kommt es auch vor, dass der verunreinigende Beiton auf einer andern Tonstufe liegt, doch ist dies seltener.

Ebenso, und wohl noch häufiger, stellen sich bekanntlich (höhere) Interferenzgeräusche ein, wenn man den tiefsten Basston, dessen man gerade mächtig ist, noch mehr vertiefen will. In diesem Falle lässt sich jedoch selten ein bestimmtes Intervall heraushören. Solche unreine Basstöne werden in (ver-

hältnissmässig) gute Strohbasstöne verwandelt, wenn man den Kehlkopf in die diesem Register zugehörige Verfassung bringt. Sonst werden die Töne des Brustregisters nie von deutlichen Interferenztönen begleitet, die Stimme mag so unrein sein, wie sie will.

Verhältniss des Falsets zur Bruststimme. — Bei den höchsten Fisteltönen wird die untere Kehlgrube sehr tief ein-, die Luftröhre also sammt Ringknorpel sehr zurückgezogen, die Fenestra ist sehr schmal geworden, das Pomum ragt jedoch noch etwas vor. Die Sternomastoidei treten gegen den Kehlkopf sehr stark hervor. Der Kopf muss etwas herabgezogen werden. Alles ist gedrückt, eingekrochen, gepresst, auch das Ansatzrohr sehr verengt, nicht gespannt. Der Kehlkopf wird nur von den hintern Muskeln gehoben, ohne Widerstand seiten der Senkmuskeln: die Geniohyoidei und Digastrici antici sind wenig verkürzt. — Bei den höchsten Brusttönen ist die untere Kehlgrube nicht erheblich vertieft, aber die Hebemuskeln werden sehr angestrengt, die äussern Druckmuskeln nur nach Verhältniss der Tongebung. Je mehr piano der Ton, desto höher stellt sich der Kehlkopf, dabei findet aber gleiche Muskelanstrengung statt. Die Fenestra scheint auch sich zu verschmälern, weit mehr aber das kleine Kehldreieck. Bei eingemischten tiefern Tönen fällt der Kehlkopf in sehr markirten Schritten, um für neue Hochtöne sich wieder zu heben. Alles ist gespannt, distendirt, turgescirend, das Ansatzrohr weit, aber gespannt und voll. Wenn man von einem mittlern Brustton, d. h. von einem Tone, welcher der untern Hälfte der Scala der amphoteren Töne angehört, zu dessen Erzeugung (als Brustton) keine besondere Beihülfe von Seiten der die Luftsäule stärker komprimirenden oder den Kehlkopf stärker fixirenden und einengenden Muskeln gehört, kurz, von einem der amphoteren Töne, die bei geschlossenem Munde ohne besondere Anstrengung als Brusttöne erzeugt werden können, von unserer Scala also von einem Brustton aus der Reihe e—c^1, auf einer und derselben Exspiration und bei gleichbleibender Schwingungszahl in den Fistelmechanismus übergehen will, so hat man weiter nichts nöthig, als die Stimme sinken zu lassen, d. h. den Ton möglichst piano einzusetzen, oder, war er bereits stärker eingesetzt, ihn piano werden zu lassen, und nun die tönende Luftsäule dabei ein wenig zu adspiriren, als ob man den Ton heraushauchen wollte. Die Empfindung im Kehlkopfe dabei ist etwa so, als ob man irgend etwas, was bisher den Ton hielt, ihn schärfer begrenzte, losliess; die Luftgebung wird schwächer, die bisherige, obwohl schon geringe Zusammendrückung des Luftreservoirs hört auf, und die tönende Luftsäule erhält ihren bewegenden Impuls nur noch von Seiten der Bauchwandungen. Ziemlich ebenso zu bewirken ist der Uebergang aus dem Brust- ins Falsetregister auf zwei nebeneinander liegenden Tönen, wo der untere, z. B. a oder h, dem Brustregister angehört, der höhere (h oder c^1) mit Falsetmechanismus gegeben werden soll. In diesem Falle lässt sich auch der Uebergang dadurch erleichtern oder dem Gehör unmerklich machen, dass man zwischen beiden Tönen von neuem etwas inspirirt. Denn während der Inspiration muss einmal die Glottis weiter geöffnet werden, als für Erzeugung der Brusttöne angemessen ist, selbst weiter, als sie beim Falset geöffnet ist; und da, wie wir später genauer untersuchen werden, ein Hauptunterschied der Fistel von der Bruststimme in der weiteren Glottisöffnung beruht, so lässt sich diese Aenderung bei Gelegenheit einer neuen Inspiration natürlich besser vertuschen, als ohne eine solche.

Will man auf einem höhern Brustton ($d^1 - f^1$) ins Falset übergehen, so ist die Sache schon schwieriger, d. h. es muss am Mechanismus mehr geändert werden. Wir hören und fühlen hier, namentlich wenn der hohe Brustton, wie gewöhnlich mit einiger Tension sowohl der Muskeln als auch der Luftsäule gegeben wurde, dass der darauf folgende höhere Falsetton an Intensität und Klangfülle gegen den Brustton sehr zurück tritt, dass dabei namentlich in den um den Kehlkopf herumliegenden Muskeln, besonders in dem Geniohyoideus, ein Gefühl von Ruhe, Erleichterung, Abspannung eintritt, ein Gefühl, als ob die ganze Tonreihe wieder von unten anfangen sollte. Wir sehen dabei immer auch eine gewisse Veränderung des Kehlkopfstandes, in der Regel eine kleine Senkung. Wir hören endlich auf dem Uebergange ein Geräusch, einen kurzen Klapp, als ob ein Ventil sich öffnete.

Umgekehrt, wenn man aus einem hohen, klingenden Falsetton in das Brustregister herabsteigen will, z. B. im Gange a^1 g^1 f^1 e^1 d^1 c^1 von e^1 zu d^1, dann hat man einige Schwierigkeit, um den Muskelmechanismus, welcher für den neuen Ton zu dem bisherigen hinzutreten soll, mit derjenigen Subtilität und Schnelligkeit ins Werk zu setzen, welche nöthig ist, damit weder eine Lücke oder Pause zwischen beide Töne trete, noch auch die Klangwirkung erheblich verändert werde. Auch hier begleitet den Uebergang ein mehr oder weniger hörbarer Klapp, der sich jedoch mehr als ein bestimmter Toneinsatz (Kehlkopfschluss) darstellt, und insofern eher eine gewisse Berechtigung erhält, als das Geräusch bei aufsteigender Fistel. In der Regel steigt hier der Kehlkopf für den ersten Brustton etwas, besonders wenn er sehr piano gegeben wird.

Wenn man einen amphoteren Ton mit Fistel einsetzt und crescendo in das Brustregister überführen will, so kann dies bei einiger Uebung recht gut so geschehen, dass der Hörer nichts davon gewahr wird. Man kann z. B. auf a, h, c^1, d^1 eine Messa di voce ausführen, die mit Falset anfängt und aufhört. Der Kehlkopf steigt decrescendo etwas.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn man den Uebergang aus einem Register ins andere auf grössern Tonintervallen ausführt. Vergleichen wir nämlich die Falsettöne mit den Brusttönen hinsichtlich der Aehnlichkeit ihres Mechanismus, so finden wir, dass sich hier gegenseitig Töne (Paralleltöne) entsprechen, die etwa 6 bis 8 Tonstufen auseinander liegen. Ein exakter Oktavenparallelismus besteht nicht; der Kehlkopf wird allemal z. B. beim Aufsteigen aus h Brust nach h^1 Fistel ein Stück gehoben, schon bei a^1 etwas, wobei das Zungenbein auch etwas mehr nach vorn tritt und die Sternomastoidei sich anspannen. Selbst beim Timbre obscur findet hier etwas Heben des Kehlkopfs statt, wenn auch weniger, als bei Timbre clair.

Wenn man nun zu einem Gesangstück, in welchem der Wechsel beider Register besonders hervortreten soll (Jodeln), nur die am besten und klangvollsten ansprechenden Falsettöne benutzt, und dieselben nur in solchen weitern Intervallen mit dem Brustregister verbindet, so hat man die bisherigen Kautelen hinsichtlich der vorgängigen Assimilirung der beiderseitigen Töne nicht nöthig, sondern man kann mit vollem Athem aus einem Register ins andere springen, ohne eine widerwärtige Dürftigkeit oder Klangarmuth für die Falsettöne befürchten zu müssen. Wegen der grossen Tonsprünge, die man hier macht, wird das Ohr durch den Auf- oder Zuschlag der Glottis hier keineswegs so unangenehm berührt, als es nothwendig der Fall ist, wo beide Register in kleinen Stufen mit einander verbunden werden sollen;

im Gegentheil erhält ein solcher Gesang (das Jodeln) dadurch etwas ganz Eigenthümliches und Charakteristisches, nur darf er von keinem Stümper ausgeführt werden.

Ausser diesem willkührlichen Umspringen aus dem Brustregister ins Falset kommt nun aber auch ein unwillkührliches, nicht beabsichtigtes vor: das sogenannte Ueberschlagen oder Ueberschnappen der Stimme. Wenn ein hoher Brustton mit nicht mehr ganz zur beabsichtigten Intensität und Klangfülle ausreichendem Luftdrucke und Gegendrucke gegeben wird, besonders bei dem Zustande der Muskeln und Schleimhaut, bei welchem die tiefen Töne vorzugsweise und besser ansprechen, als die hohen, da kommt es leicht vor, dass die vollen Bänderschwingungen plötzlich versagen, und der Ton in die Fistel umspringt, wobei er gewöhnlich eine Tertie oder Quarte, seltener um ein weiteres Intervall, höher zu stehen kommt, als er beim Einsetzen betrug.

Ueber die Analogie des Fistelregisters mit dem Strohbassregister (Bassfistel) wollen wir unter ee., sowie im theoretischen Kapitel, das Erforderliche vortragen.

cc. Kopfstimme.

Ueber dieses Stimmregister sind die Meinungen der Sänger und Gesangtheoretiker sehr getheilt. Die ältern, besonders italienischen Gesanglehrer nehmen Kopfstimme (Voce di testa) mit Falset für einerlei. Aber schon Tosi, und Agricola, sein berühmter Uebersetzer und Kommentator, machten auf den Unterschied beider Manieren aufmerksam. Sie setzen der natürlichen Stimme die erzwungene, die Falsetstimme entgegen. Bruststimme sowohl als Kopfstimme sind ihnen aber nur Varietäten der natürlichen Stimme. Unter Bruststimme versteht Tosi, wenn ich ihn recht verstehe, so ziemlich das, was Garcia das Timbre obscur, unter Kopfstimme dagegen das, was letzterer Timbre clair der Bruststimme nennt. Denn die Kopfstimme liegt nach Tosi's Angabe der Bruststimme fast ganz parallel, nur soll die letztere ordentlicher Weise stärker als jene sein, die dafür beweglicher und zum Schnellsingen geeigneter sei, auch die hohen Töne besser ansprechen lasse. Nach dieser Ansicht haben sowohl Bruststimme als Kopfstimme ihre Falsettöne, nur mit dem Unterschiede, dass die Bruststimmen gemeiniglich mehr ungezwungene Töne haben, als die Kopfstimmen. Bei der Bruststimme fängt hiernach das Falset im Sopran meist im g^2, im Tenor bei a^1 an. In gleichem Verhältniss stehen Alt und Bass zu einander. Bei den Kopfstimmen aber fangen die Falsettöne gemeiniglich schon beim Sopran auf d^2 oder e^2, beim Tenor auf e^1 oder f^1 an. Dieses letztere hält Agricola für den Grund, warum die Italiener so oft die Begriffe Kopfstimme und Falset mit einander verwirren. Von den amphoteren Tönen erwähnt Agricola nichts. Dafür nimmt er, ausser dem Falset, das die Tonskala nach oben erhöht, auch eins an, welches die Basstöne in die Tiefe fortsetzt, und was, wie er selbst erwähnt, von den Deutschen gewöhnlich Strohbass genannt wird, dessen Mechanismus er übrigens ziemlich richtig beschreibt. Endlich hält Agricola die Brust- und Kopfstimme weniger für künstlich angeeignete Modifikationen, als vielmehr für angeborene Varietäten der natürlichen Stimme; denn er nimmt an, dass bei einer Bruststimme die Stimmbänder elastischer und härter sind, als bei einer Kopfstimme; dass also bei jener mehr, bei dieser weniger Luft erfordert werde, die Stimmbänder in Schwin-

gungen zu versetzen. Beiläufig bemerke ich, dass Agricola bereits (im Jahr 1757) über die Kompensation der physischen Kräfte beim Stimmorgan die richtigsten Ansichten gehabt hat. Die spätern Theoretiker geben über das Verhältniss der Kopfstimme zur Fistelstimme durchaus keine bestimmte Ansicht. Liskovius sagt in seiner neueren Schrift §. 57: als ein Mittelding von Brust- und Fistelstimme wird die sogenannte Kopfstimme oder Mittelstimme unterschieden, nämlich eine gewisse Modifikation der Stimme, die zwischen der härteren Klangart der Bruststimme und der weichen Klangart der Fistelstimme das Mittel hält. Die Stimmbänder sollen dabei mehr, als bei der Bruststimme, und weniger, als bei der Fistelstimme gespannt werden, es komme daher auch die Kopfstimme nur auf den (von uns sogenannten) amphoteren Tönen vor, und werde dieselbe von den Sängern gebraucht, um aus dem einen Register ins andere überzugehen. Marx macht gar keinen Unterschied zwischen Kopf- und Falsetstimme. Nehrlich macht aus dem Falsetregister zwei Unterabtheilungen, ohne dass man jedoch Grund hätte, die eine oder andere derselben dem Kopfregister zu vindiciren. Garcia dagegen unterscheidet die höheren, über das Brustregister hinausgehenden Töne ausdrücklich in zwei ähnliche Unterabtheilungen. Er nennt die höhern Töne des Falsetregisters Kopfstimme Seine Angaben darüber sind zwar nicht völlig klar. Fistel- und Kopfstimme, sagt er, sind nicht wesentlich und organisch von einander verschieden: es können nicht, wie bei Fistel- und Brustregister, dieselben Töne sowohl mit Fistel- als mit Kopfstimme gegeben werden, sondern wo die Fistel aufhört, beginnt die Kopfstimme; letztere ist nur Fortsetzung der erstern, mit denselben Organen erzeugt. Doch scheint aus diesen Worten Garcia's hervorzugehen, dass er aus denjenigen Falsettönen, welche von der höchstmöglichen Brustnote an aufwärts liegen, welche also nicht mehr mit Bruststimme erzeugt werden können, seine Kopfstimme konstruirt, während er nur die von uns sogenannten amphoteren Töne zum Falsetregister rechnet. — Endlich wollen wir noch die Ansichten des Uebersetzers des Aufsatzes von Pétrequin und Diday über den Mechanismus der Fistelstimme (wenn ich nicht irre in Froriep's Notizen 1844) erwähnen. Derselbe sagt in seiner Anmerkung zu §. 3. gegen Pétrequin's und Diday's Behauptung, dass nur 2 Stimmregister (Brust- und Fistelstimme) existiren, Folgendes. „Es existirt doch noch ein drittes Register, das man, wem der Name Kopfstimme nicht gefällt, Zwischenstimme nennen mag. Sie ist weich, zart und etwas gedämpft, schwächer als die Bruststimme, die die Töne der Kopfstimme nicht ohne Anstrengung prästirt; sie eignet sich daher zu sanft getragenen Stellen und zum allmälig in die Bruststimme überzuführenden Crescendo. Am ausgebildetsten kommt sie bei Tenören und Barytonisten vor Manche Tenöre können mittels derselben bis b^1 gehen und bedürfen dann des Falsets nicht. Es scheint das Kopfregister auf Verengerung des nächsten Raumes unter den untern Stimmbändern zu beruhen, welcher Raum durch den untern Theil des M. thyreo-arytaen. bezeichnet ist, dessen Kontraktion den untern Aditus ad glottidem verengert, ohne auf die Spannung der Stimmbänder selbst erheblichen Einfluss zu haben. Seitliche Verengerung dieses Aditus erhöht am todten Kehlkopf den Ton wie durch Stopfung, und verhütet den Uebergang der Bruststimme in das Falset". Diese (bekanntlich von J. Müller angeregte) Theorie hat, sagt unser Autor, Häser an sich selbst erprobt, indem bei ihm, bei starker Intonirung von (z. B.) c^1, der Schildknorpel,

ohne zu steigen, sich fühlbar seitlich verengte, wenn er dasselbe c' nun mit Kopfstimme sang. S. Caecilia 21. Bd. 81. Heft S. 35 ff. Ob, fährt er fort, diese Kopfstimme mit der Voix sombrée Pétrequin's und Diday's übereinkommt, muss die Lektüre jenes Aufsatzes entscheiden. Uebrigens nenne man auch Kopfstimme die obern Brusttöne, insofern die Resonanz derselben bis ins Siebbein sich dem Sänger selbst fühlbar macht, während bei den Mitteltönen die Schwingungen sich tiefer fühlbar machen. — Harless endlich unterscheidet auch die Kopfstimme von der Fistelstimme. Erstere bildet, sagt er (S. 698), den Uebergang von der Fistel zur Bruststimme. Es können damit alle Töne gesungen werden, der Charakter derselben tritt aber bei der Brusttonlage mehr hervor. Das Kopfregister klingt weich, gedämpft, der Kehlkopf steht dabei höher, als bei gleicher Brustlage; die Bänder sind stark gespannt, aber die Windstärke desto geringer, besonders bei *p* und *pp*. Daher gehen die Brusttöne (wo das umgekehrte Verhältniss stattfindet) decrescendo in Kopfstimme über, diese dagegen crescendo in Brust- oder bei stärkeren (?) Spannungsgraden in die Fistelstimme über. Mit letzterer hat das Kopfregister die geringe Windstärke, mit den Brusttönen die vollen Bändervibrationen gemein.

So weit gehen die von mir notirten Ansichten der Schriftsteller über die Kopfstimme. Der eine gebraucht diesen Ausdruck für eine Varietät der Bruststimme, der andere für die nicht zugleich mit Bruststimme erzeugbaren, also höheren Fisteltöne, ein dritter für die durch einen besonderen Muskelmechanismus zu erzwingenden höchsten Brusttöne, andere endlich schlechthin als synonym mit der Fistelstimme. Wer hat nun Recht?

So viel erhellt doch schon aus diesen Referaten mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass, wenigstens an manchen Sängern, eine Art Stimmregister beobachtet worden ist, welches man weder zu den Brusttönen, noch zu den gewöhnlichen Falsettönen mit Bestimmtheit rechnen konnte, und welches man daher durch den sehr willkührlich gewählten Namen „Kopfstimme" von diesen beiden Registern unterscheiden zu müssen glaubte. Die von mir bisher über dieses Register angestellten Beobachtungen und Versuche beschränken sich fast nur auf mein eigenes Organ, da es schwer hält, an Sängern (zunächst Tenoristen), welche dies Register zu besitzen scheinen, genaue Beobachtungen anzustellen, sofern dieselben keine anatomische Vorbildung besitzen. Obgleich der Bereich meiner Bruststimme sich für gewöhnlich nicht über f' erstreckt, so bin ich doch zuweilen, wenn mein Organ besonders günstig disponirt ist, im Stande, von c' oder d', also von der Lage meiner Stimme aus, auf welcher die ohne besondere Hilfsapparate erzeugten Brusttöne nach oben ihr Ende erreicht haben, eine Anzahl von Tönen, etwa 5 — 6, mit einem Timbre zu erzeugen, welches sowohl von dem der gewöhnlichen, namentlichen forcirten starken Brusttöne, als auch von dem der Falsettöne wesentlich unterschieden ist, und welche ich daher als Kopfstimme zu bezeichnen kein Bedenken trage, wofern wir mit diesem Namen ein Mittelregister, nicht die höhere Reihe der Fisteltöne belegen wollen. Diese Töne sind eigentlich weiter nichts, als eine Fortsetzung der Bruststimme nach oben, durch einen Mechanismus vermittelt, der wenig Tension der Luftsäule, aber auch keine übermässige Spannung der Bänder zu beanspruchen scheint. Der Kehlkopf wird dabei in einer mittlern Stellung am Halse fixirt. Sonst vermag ich nichts Näheres darüber anzugeben, da ich dies Register, so wie ich mir es vorstelle, während der letzten Jahre

nur ein- oder zweimal in unverfänglicher Weise an meinem Organ habe erzeugen können. Die Hauptsache scheint darauf zu beruhen, dass man, um mittels dieses Registers höher gehen zu können, als gewöhnlich, die hohen Brusttöne, die man besitzt, nicht mit dem gewöhnlichen, sondern mit einem tieferen Kehlkopfstande, einem dunkleren Timbre, als man sonst pflegt, angiebt, dass man mit den Mitteln, die man sonst dazu verwendet, sparsamer umgeht u. s. w. Eine Hypothese über den Mechanismus wollen wir im folgenden Abschnitt versuchen. Der Uebergang aus diesem Register ins eigentliche Falset geschah bei mir auf a^1 oder b^1, also auf einem Punkte, wo sonst das Falset bereits auf seiner vollen Ausbildung steht. Dieser Uebergang war zwar ein wirklicher, d. h. es fand eine wirkliche Registeränderung hier statt, indessen war der Unterschied im Mechanismus und Timbre bei Weitem nicht so auffallend, als beim Uebergange aus dem gewöhnlichen Brustregister in das Fistelregister. Zu bemerken ist ferner, dass diese auf das Kopfregister folgenden Fisteltöne weniger voluminös waren, als sie zu sein pflegen, wenigstens sein können, wenn man sofort aus dem Brustregister, also auf einer tiefern Stufe, ins Falset übergeht; ferner, dass diese Kopftöne auch Neigung hatten, sich mit Interferenzgeräuschen zu verbinden, die eine Oktave tiefer lagen.

Diese Kopfstimme dient dazu, die hohen Brusttöne piano zu intoniren. Der Kehlkopf sinkt dabei nie so tief, als wenn dieselben Töne forte gegeben werden. Die seitlichen Halsmuskeln, namentlich die Sternocleidomastoidei werden in der Regel einigermaassen dabei kontrahirt. Je mehr Muskulatur bei diesen Tönen von Haus aus in Bewegung gesetzt wird, desto besser lassen sich dieselben schwellen. Beim Decrescendo gehen diese Töne fast nothwendig ins Falset über, weil sich die betheiligten Muskeln schwerlich dabei noch auf ihrer Spannung halten lassen.

Es gehört zur Gesangtechnik der Tenoristen, das natürliche Falset durch Kunst und Uebung in die Kopfstimme zu verwandeln. Wenigstens glaube ich nach meinen, an mir selbst angestellten Versuchen an die Möglichkeit einer solchen Ausbildung. Und da in früherer Zeit die guten italienischen Sänger diese Kunst sich erworben zu haben scheinen, so begreift man, weshalb so oft beide Register mit dem gemeinschaftlichen Namen Kopfstimme belegt werden.

dd. Kehlbassregister.

Ist vom Strohbass wohl zu unterscheiden, obwohl dessen Töne ihrer Höhe nach ganz mit dem des Kehlbasses übereinstimmen. Der Mechanismus ist aber ein ganz anderer, wie schon aus der direkten Beobachtung hervorgeht. Der Kehlkopf steht zwar höher, als beim Strohbass, er steht aber nicht über Null vom Sternum ab; im Verhältniss zur Mundhöhle steht er höher, als man seiner Tonstufe nach erwarten sollte. Der Kopf wird nämlich zur Erzeugung dieses Registers nothwendig gesenkt, und dadurch die ganze Direktionslinie des Ansatzrohrs abgeändert. Der Unterkiefer kommt bedeutend tiefer zu stehen, als bei den vorigen Registern, obwohl der Mund verhältnissmässig weniger geöffnet wird. Ausser den übrigen Hebemuskeln des Zungenbeins sind namentlich die Genioglossi stark kontrahirt und verkürzt, das Zungenbein wird dabei zwar nicht erheblich auf- wohl aber vorwärts gezogen: der Schildknorpel ist durch die Hyothyreoidei gleichfalls so fest ans Zungenbein

gezogen, als möglich. Dabei ist aber zu bemerken, dass das Zungenbein nicht den Kehlkopf an sich zieht, sondern mehr zu letzterem hinabsteigt, wie denn überhaupt der Mundraum und Schlund sich trotz jener Muskelaktionen erweitert. Die Seitenmuskeln des Halses werden stark fixirt und kontrahirt, das Pomum springt daher sehr wenig vor, auf der Luftröhre bildet sich eine unregelmässige Vertiefung, und die untere Kehlgrube erscheint sehr tief. Ebenso angespannt, als die Hebemuskeln des Kehlkopfs sind auch die Senkmuskeln, und zwar verhältnissmässig in sehr hohem Grade, da der Hyothyreoideus nach unten fixirt werden muss. Wegen dieser Anspannung kann man leider das Verhalten der Fenestra nicht genau untersuchen. Vor Einsatz eines Tones dieses Registers wird tief eingeathmet, da sehr viel Luft caeteris paribus durch die Glottis gehen soll; der expiratorische Druck auf die Lungen ist daher schwierig und wird mit Depression der Thoraxbasis, gewöhnlich mit gleichzeitiger Wölbung der mittlern Bauchwandzonen vollzogen.

Dieses Register lässt sich zwar schon, wenn man will, auf einem Tone beginnen, der noch nicht mit dem tiefsten der guten Brusttöne der Schwingungszahl nach übereinstimmt, indessen spricht es doch erst gut und klangvoll auf dem tiefsten der klingenden Brusttöne an, und lässt sich von hier aus, freilich mit abnehmender Klangfülle, etwa 3 — 4 Stufen vertiefen. Auf dieser tiefsten Stufe klingt der Ton aber sehr schlecht, dumpf, rauh, und erinnert an den Strohbass, dem auf dieser Stufe immer noch mehr Metall, wenn auch unedeles, gegeben werden kann, als dem Kehlbassregister. Uebrigens empfindet man in den betheiligten Organen beim Erzwingen solcher abnormer Tonvertiefung einen ziemlichen Schmerz, weshalb es gerathen ist, dergleichen nichtsnutzige und unästhetische Experimente zu unterlassen. Nur bei guter Disposition des Kehlkopfs spricht das Kehlbassregister leidlich an, und ist dann zum Gesange, wenigstens im Chore, erlaubt.

Die bisherigen Phonologen sind über dieses Register im Unklaren. Ich finde nur bei Liskovius und Garcia etwas, das darauf bezogen werden kann. Ersterer sagt (§. 78): wenn man die tiefsten Töne der Stimme mit abwärts gezwängtem Kehlkopfe und mit starkem Luftantriebe angiebt, so klingen sie nicht nur dumpf, sondern auch rauh und rasselnd, weil dann die Stimmhäute schlaffer sind und in grössern Bogen schwingen. Bei diesem Verfahren reicht die Stimme auch zugleich tiefer hinab, als ausserdem. So entstehen wohl jene tiefen und rauhen Töne, welche man den Judenbass nennt. Vorher sprach Liskovius bereits, jedoch in noch unbestimmteren Ausdrücken, vom Strohbass, den er also von der in Rede stehenden Modifikation der Stimme wenigstens unterscheidet. Garcia dagegen kennt nur eine Modifikation oder Disposition des Stimmorgans, durch welche die Stimme unter ihre natürliche Grenze vertieft wird. Er nennt dieselbe, wie wir bereits erwähnten (S. 619), Contrabassregister, dessen Töne durch einen eigenthümlichen Mechanismus erzeugt werden sollen, bei welchem der Kehlkopf nicht, wie beim Brustregister, unter seinen Nullpunkt herab, sondern weit über denselben gehoben werde. In der Regel, sagt er, existirt eine Lücke zwischen den tiefsten Brustnoten und den höchsten Contrabassnoten: nur tiefe Basssänger sollen diese Lücke nicht haben und selbst Paralleltöne mit beiden Registern erzeugen können. Uebrigens soll (womit ich übereinstimme) die Kultivirung dieses Registers das Brustregister verschlechtern, weshalb er sich dabei nicht länger aufhält. Es lässt sich demnach we-

nigstens nach Garcia's Angaben nicht entscheiden, ob dieses Contrabassregister dem Stroh- oder Kehlbass angehört.

ee. Strohbassregister.

Von diesem ist bereits vorläufig unter dem Brustregister, und zwar bei Gelegenheit des Timbre clair desselben, die Rede gewesen. Da dasselbe jedoch auch von den höhern Tönen der hellen Brustscala unabhängig verwendet werden kann, wollen wir ihm noch hier eine besondere Stelle anweisen.

Das Strohbassregister lässt sich zwar schon auf verhältnissmässig höheren, noch in des Bassregisters Bereich liegenden Stufen beginnen, z. B. auf c, H, wenn man diese Töne mit dem Mechanismus, der dem sogenannten Timbre clair zukommt, angiebt, indessen wird von diesem Register in der Regel erst dann Gebrauch gemacht, wenn die tiefen Töne des Brustregisters bereits mit tiefem Kehlkopfstande vorausgegangen sind, und vom Sänger noch eine weitere, mittels des bisherigen Mechanismus nicht ausführbare Vertiefung des Tones beabsichtigt wird. Je nach der besondern Disposition des Organs wird dieser Uebergang aus dem Brust- ins Strohbassregister auf einer höhern oder tiefern Tonstufe eintreten. Namentlich wird bei Verschnupfung des Kehlkopfs und Ansatzrohrs, wo der Ansatz des Tones nicht so promt erfolgt, und die Konsonanz in den Räumen des Ansatzrohrs keine vollständige ist, das Bedürfniss schon eher eintreten, vom Strohbassmechanismus Gebrauch zu machen, als bei normal beschaffenem Organ, zumal da unter diesen Umständen auch das vorige Register nicht füglich benutzt werden kann. Es werden daher hier schon die Töne F, G und selbst A eine Art Schnarrtimbre bekommen, und wird der Kehlkopf dabei nicht auf eine so tiefe Stufe am Halse gebracht werden können, als da, wo die Stimme rein und das Organ normal beschaffen ist. Die wesentlichen, sinnlich wahrnehmbaren Elemente des Strohbassregisters sind Folgende.

Der Kehlkopf stellt sich für den beabsichtigten tiefen Ton h ö h e r am Halse, als es geschieht, wenn derselbe Ton mit dem Brustmechanismus erzeugt wird. Im Allgemeinen ist diese Stellung am Halse eine mittlere, um den statischen Nullpunkt herumliegende, denselben weder bedeutend über- noch unterschreitende. Die Abwärtsbewegung des Kehlkopfs bei Vertiefung dieser Töne ist bei Weitem nicht so bedeutend, als dieselbe caeteris paribus beim Brustregister austrägt; überhaupt scheint das Senken des Kehlkopfs gar kein tonvertiefendes Mittel beim Strohbass zu sein. Ja, es kommt sogar vor, dass der Kehlkopf bei Erzwingung eines tiefern Tones etwas gehoben wird. — Die Muskelthätigkeit ist beim Strohbass im Allgemeinen geringer, als sie bei Erzeugung der nächst höhern Brusttöne (tiefsten Basstöne) war. Das Zungenbein wird, je tiefer der Ton, desto näher dem Schildknorpel gezogen, wobei die Hebemuskeln des erstern, namentlich die Geniohyoidei, nicht sonderlich kontrahirt erscheinen. Die Seitenmuskeln des Halses sind durchweg schlaff. Ueberhaupt bietet der Hals beim Strohbass sehr wenig Abweichung vom Indifferenzzustand dar: die Hauptvorgänge sind dabei wohl innere. — Was die Exspiration anlangt, so ist diese mehr verzögert, als bei der Bruststimme. Je tiefer der Ton, desto weniger Luft wird in einem gewissen Zeitmoment exspirirt. Während beim Brustbass um so mehr Luft auf einmal exspirirt wird, je tiefer der Ton sinkt, so geschieht hier das Umgekehrte. Die Glottis wird also offenbar verengt und wird um so enger, je tiefer der Ton fällt. Die Tonbildung hört endlich auf, wenn die Glottis so

weit verengt und zusammengezogen ist, dass das Athmungsgeschäft nicht mehr bestehen kann. Natürlich wird dabei der Ton, je tiefer, desto beschränkter, kleiner, leerer, und reducirt sich endlich auf ein blosses Schnarren ohne Klang. Die Exspirationsmuskeln können unter diesen Umständen zu keiner erheblichen Aktivität kommen. Sie wirken in ihrer Totalität gleichsam sphinkterartig, besonders der Transversus abdominis, sie pressen mechanisch die Luft der Lungen aus, so schnell oder langsam, als es die Oeffnung des Kehlkopfs gestattet. Eine besondere Verstärkung oder Beschleunigung dieser Exspirationsbewegung ist hier nicht möglich. Zur Intonirung des Strohbasses ist daher auch sehr wenig Luft auf einmal ausreichend. Man kann einen begonnenen Strohbasston sehr lange halten, und man wird dann meist noch eine Quantität Luft zurückbehalten, die erst exspirirt werden muss, bevor man von neuem inspirirt.

In dieser Hinsicht hat der Stohbassmechanismus einige Aehnlichkeit mit dem des Fistelregisters. Auch hier wird, nur in entgegengesetzter Tonfolge, die Luftgebung allmälig bis auf Null reducirt. Die höchsten Fisteltöne sind ebenso dünn und klein, als die tiefsten Strohbasstöne. Die Extreme berühren sich auch hier. Am deutlichsten beobachten wir dies beim G ä h n e n und S e u f z e n. Ueber diese physiologischen Vorgänge haben wir bereits früher (S. 60) einmal gesprochen, und bemerkt, dass dabei, was die hier stattfindenden phonischen Erscheinungen anlangt, die Exspiration in der Regel mit dem Fistelmechanismus beginnt und mit dem Strohbassmechanismus aufhört, während der der Bruststimme dabei nicht ordentlich zu Stande kommt und übersprungen wird. Der etwa auf h ¹ oder a ¹ eingesetzte Fistelton fällt mittels einer Art von Portament etwa auf c ¹, das hierauf mit dem, bereits dem Strohbass angehörigen Interferenztone c vermischt wird, und dieses schnarrende c vertieft sich nun in gleicher Weise beliebig weiter, und kann bis in die Contra-Oktave herabgezogen werden. Beim Murren und ähnlichen, eine ärgerliche Gemüthsstimmung äussernden Phonationsphänomenen finden sofort Strohbasstöne statt, ohne dass dieselben so ihrer Schwingungszahl nach variirt würden, wie es beim Gähnen üblich ist. Bei lange angehaltenem Seufztone steigt der Kehlkopf gewöhnlich bei abnehmendem Athem, trotzdem dass der Ton dabei tiefer wird. Sobald aber die Strohbasstöne erscheinen, senkt er sich wieder, und zwar bei Vertiefung derselben in der Regel noch etwas mehr.

Der Rückgang aus dem Strohbassregister in das Brusttonregister hat keine Schwierigkeit. Man kann z. B. in folgender Passage



in einem Athem aus dem mit Strohbassmechanismus erzeugten D in das mit Brustmechanismus zu gebende G übergehen, ohne dass irgend ein Vorgang in der Glottis eine Unterbrechung der Luftgebung oder etwas Aehnliches anzeigte. Der Kehlkopf stellt sich ganz einfach für dieses G wieder an seine tiefere Stelle, die Luft strömt wieder mit grösserem Volumen durch die erweiterte Glottis, und der Ton erscheint wieder gross und voll.

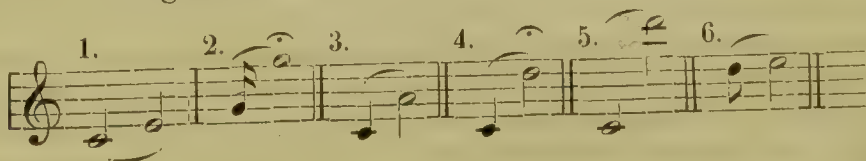
Der Umfang des Strohbassregisters ist ungefähr eine Oktave, die so ziemlich mit der sogenannten grossen Oktave zusammenfällt, von welcher jedoch gewöhnlich nur die tieferen Töne zum Gesange benutzt werden, da die höhern besser mit dem Brustregister gebildet werden.

Ueber die verschiedenen Timbres, die durch besondere funktionelle Verhältnisse der Organe des Ansatzrohrs erzeugt werden, z. B. über das nasale, gutturale, palatale Timbre, sowie über die Resonanzverhältnisse der menschlichen Stimme überhaupt wollen wir in einem der folgenden Abschnitte sprechen. Anhangsweise sprechen wir noch hier, da sich kein passenderer Ort dafür findet, über das Schreien und über die Töne beim Einathmen.

Das Schreien.

Das Schreien ist entweder ein bald artikulirtes, bald unartikulirtes, meist nur aus einem oder sehr wenig Lauten bestehendes Stimmphänomen, wodurch ein lebhaftes Gefühl ausgedrückt werden soll; oder es bezeichnet ein besonderes Timbre der Stimme, als Resultat einer Uebertreibung oder falschen Kooperation der normalen Stimmfunktionen, zunächst der Luftgebung. Im Deutschen bezeichnet man diese beiden Unterschiede so ziemlich genau durch Schrei und Geschrei. Es ist hier nicht der Ort, eine vollständige Physio-Psychologie des Schreiens zu exponiren, obwohl eine solche überhaupt noch nicht vorhanden ist und daher nicht zu den überflüssigen Dingen gehören würde, sondern unsere Aufgabe soll vor der Hand nur die sein, die phonischen Momente und Phänomene des Schreiens in ein etwas helleres Licht zu setzen, als bisher geschehen ist.

Hierzu ist vor allem erforderlich, dass wir das Schreien von andern ähnlichen phonischen Phänomenen unterscheiden. Colombat de l'Isère*), Hesse**) u. A. rechnen das Wimmern, Seufzen, Aechzen und andere Tongebungen zum Schreien, aber jedenfalls mit Unrecht, da beim Schrei ein bestimmtes phonisches Element gehört wird, das jenen andern Tonphänomenen fehlt. Dieses Element hat bis jetzt noch Niemand erforscht. Colombat leugnet ein solches geradezu ab, indem er (S. 113) sagt, der Mechanismus der Schreibildung unterscheide sich nicht wesentlich von dem anderer Stimmphänomene. Er könne sowohl auf der Bildung von Brust- als auch Fisteltönen beruhen. In Folge besonderer Anstrengungen und übertriebener, ermüdender Kontraktionen der Stimmorgane erscheine die Stimme beim Schrei anfangs als laryngeale oder Bruststimme, und setze sich dann auf einem langen hohen Falsetton fort. Demnach wäre nach Colombat jeder Schrei nichts weiter als ein Ueberschnappen aus der Brust- in die Fistelstimme, wobei nur das eine Besondere obwalte, dass der Brustton sehr kurz, der Falsetton länger gehalten sei. Colombat geht hierauf so weit, zu behaupten, dass man an dem Intervalle, das zwischen diesem Brust- und Fisteltone liege, die Art der Leidenschaft oder des Schmerzes erkennen könne, welche den Schrei hervorgerufen hat.



No. 1. soll den Schrei ausdrücken, den der durch Applikation des Feuers verursachte Schmerz hervorruft; No. 2. den Schrei durch Aktion eines schneidenden Instruments bei einer Operation; No. 3. den Schrei bei einer hefti-

*) Maladies des organes de la voix. Paris 1834. S. 112 ff.
**) Anatom. physiol. Realwörterbuch v. Pierer u. Choulant. 7. Bd. 1827.

gen Gemüthsbewegung: soll identisch sein mit dem Wimmern (Gemissement); No. 4 wird durch einen jähen Schreck bei drohender Gefahr hervorgerufen; No. 5. sind die Schreie bei der Entbindung; No. 6. Freudenschreie. Das Schluchzen oder Weinen drückt C. aus durch drei während der Inspiration erzeugte Staccato-Noten von gleicher Geltung, auf welche ein längerer Ton exspirando folgt.

Wir wollen diese Colombat'schen Angaben und Behauptungen keiner speciellen Kritik unterwerfen: jedenfalls hat er das Wesen des Schreies zu subjektiv aufgefasst, und Zufälliges für etwas Wesentliches oder Charakteristisches genommen. Dahin gehört die Behauptung, dass jeder Schrei aus zwei Tönen zusammengesetzt sei, von welchen der erste stets ein Brust- der andere allemal ein in einem bestimmten Intervall davon entfernter Fistelton sei. Es giebt aber, wie die tägliche Erfahrung lehrt, Schreie auf einem einzigen Tone, ebenso wie auf mehrern, die durch Portament mit einander ohne merkliche Stufe verbunden sind.

Valentin (als Repräsentant der neuern Physiologie) sagt*): Da hier immer der Wind ungewöhnlich verstärkt wird, so muss schon das Schreien die Bildung hoher Töne begünstigen. Gesellt sich nun noch eine bedeutende Spannung der Stimmbänder hinzu, bleibt die Stimmritze in einer nur geringen Ausdehnung geöffnet, so wird die Tönung die grösste ihr mögliche Höhe erreichen. Als Ursache nennt er hier zunächst den Schmerz bei Operationen, beim Gebären, den Krampf der Kehlmuskeln mit seinen Folgen beim Schluchzen, Keuchhusten, Asthma Millari u. s. w.

Wir müssen das Schreien vom anthropophonischen Standpunkte aus offenbar in engere Grenzen zurückbringen, als der gewöhnliche Sprachgebrauch ihm zu geben pflegt. Man sagt gewöhnlich von Menschen, welche in heftiger Aufregung ihre Stimme laut erheben, dass sie schreien. Untersucht man jedoch die dabei gehörten Töne genauer, so finden wir in der Regel, dass dieselben ihrem phonischen Verhalten nach sich von andern starken Tönen durchaus nicht unterscheiden. Da wir nun aber keine Ursache haben, starke, sonst normal erzeugte Töne, mögen sie im Sprechen oder Singen vorkommen, bloss deshalb, weil sie durch irgend einen gewissen Affekt hervorgerufen wurden, mit dem Namen „Schrei" zu belegen, so dürfen wir auch diesen Namen von unserem (wissenschaftlichen) Standpunkte aus nur da zulassen, wo sich die vernommenen starken, getriebenen Töne durch ein bestimmtes, bei andern ähnlichen lauten Tönen nicht vorhandenes phonisches Element charakterisiren. Besonders ist dies erforderlich bei dem Schreien, das wir als Kunstfehler des Singens bezeichnen, wo wir ganz unabweislich auf ein solches, der normalen Phonation fremdartiges Element hingewiesen werden. Welches ist nun dieses? Offenbar nichts Anderes, als eine überwiegend hervortretende Beimischung des Lufttonmechanismus zum Zungentonmechanismus. Der Zungenton erscheint beim Schreien zum grossen Theil in einen Luft- oder Pfeifton verwandelt. Die Luftgebung ist beim Schrei immer eine verhältnissmässig beschleunigte, verstärkte, stärker, als dass die Exkursionen der Stimmbänder nachfolgen oder dieselbe ertragen können; dabei wird der Seitendruck auf die Glottiswände, so gespannt sie auch sind, bald so stark, dass die Oeffnung der Stimmritze weiter wird, als der beabsichtigten Tonstufe entspricht, und so wird eine Pfeif-

*) Lehrbuch der Physiologie, 2. Bd. 1. Abth. S. 391. 2. Aufl. Braunschw. 1847.

öffnung erzeugt, in welcher die Luftportion, welche nicht durch die gleichzeitig vorhandenen Zungenschwingungen in Mitschwingung geräth, in selbstständige stehende Schwingungen versetzt wird. Genauer über diesen Mechanismus werden wir noch später reden: hier wollen wir nur die wichtigsten direkt auffassbaren Phänomene des Schreiens kürzlich erwähnen. — Die Schreitöne gehören immer hohen Tonstufen an; gewöhnlich sind es Fisteltöne, welche das Schreitimbre erhalten, doch können auch hohe Brusttöne, wenn der Kehlkopf hoch gezogen und der Mund weit geöffnet wird, schreiend werden. Bei Kindern, namentlich solchen, welche aus Eigensinn und Wuth schreien, erscheinen oft (bei sonst normal beschaffenem Organ) ganz reine Pfeiftöne, die sehr an die Pfeiftöne des sogenannten Nachtigallaffens erinnern. Bei manchen Kindern hört zuweilen auf der Höhe der tönenden (schreienden) Exspiration alle Tonbildung auf, während die Exspiration, wenn auch bei verengter Glottis, immer fort geht. Man sagt von solchen Kindern gewöhnlich, dass sie weggeblieben oder ausser sich gerathen sind: es hat jedoch dies Phänomen in der Regel nichts Besonderes zu bedeuten. Wegen der Heftigkeit, mit welcher die Luft durch die Glottis getrieben wird, werden die Stimmbänder durch länger fortgesetztes Schreien entzündlich gereizt, so dass sie nicht mehr den erforderlichen Feuchtigkeitsgrad unterhalten können: es tritt Heiserkeit (Xerophonia) ein, die jedoch mit den eigentlichen Pfeiftönen nichts zu schaffen hat. — Was die Vokale anlangt, auf welchen geschrieen wird, so soll nach Hesse beim Kindergeschrei das E als einfachster und zugleich als Mittellaut zwischen A und I, beim Geschrei Erwachsener dagegen alle Selbstlauter nach Verschiedenheit der Veranlassung des Schreiens wahrnehmbar sein. So soll das A das freudige Geschrei, das I das Jammertönen bei hinschwindender Kraft, das O und U die dem Geschrei sich einmischende Reflexion und Reaktion (Bewunderung, Unmuth, Erbitterung u. s. w.) charakterisiren. Nach meinen Beobachtungen und Wahrnehmungen — absichtliche Versuche lassen sich hier nicht wohl anstellen — ist es für das Schreien charakteristisch, dass eben gar kein Vokal richtig gebildet wird, dass durch die krampfhafte Verziehung sowohl der Artikulationsorgane, als auch des Glottisapparats selbst der Ton ein Timbre und eine Fassung bekommt, die dem Wesen der sprachlichen Artikulation zuwieder läuft. Die Schmerzensschreie setzen gewöhnlich mit einer Organstellung ein, die der des A ähnlich ist, und gehen dann in einen hohen Falsetton über, der dem U ähnlich ist: aus diesen beiden Naturlauten hat man den Diphthong Au gebildet. Indessen ist dieses Au kein eigentlicher Schrei, wenigsten so lange man die beiden Vokale noch heraushören kann. Mehr schreiartig sind diejenigen phonischen Affektäusserungen, die sich zwischen Ä, E und I bewegen: eine Vokalisirung, die die deutsche Sprache in ihrem Worte „Schrei", die französische und englische in ihrem *cri*, *cry* nachzubilden gesucht hat.

Töne beim Einathmen.

Auch beim Einathmen kann man den Kehlkopf in die zur Erzeugung von Tönen erforderliche Disposition bringen, nur ist dieser Vorgang schwieriger und die phonischen Erzeugnisse unvollkommener, weil die Glottis für gewöhnlich beim Einathmen sich erweitert, ihren Wänden daher behufs der Tonerzeugung ein beträchtlicher Zwang angethan werden muss. Nach Garcia ist diese Vox inspiratoria rauh und ungleich, und kann Töne erzeugen, die

selbst die Kopftöne (Garcia's höhere Fisteltöne) an Höhe übertreffen. Auch nach Liskovius (§. 66) ist die Einathmungsstimme caeteris paribus höher, als die gewöhnliche Stimme, etwa um 1 Oktave; was er dadurch erklärt, dass der eindringende Luftstrom, sobald das Einathmen bis zur Tonerzeugung verstärkt wird, die Stimmhäute, soweit es ihre Anheftung zulässt, ab- und einwärts, gegeneinander treibt, ihre Enden in gegenseitige Berührung bringt, und so durch Verkleinerung des schwingenden Theiles derselben mittels der Dämpfung hohe Töne hervorbringt. Nach Segond *) hat die Inspirationsstimme ebenso, wie die gewöhnliche, zwei Register, aber mit höhern Noten, als letztere.

Was mich anlangt, so vermag ich inspirando genau dieselbe Tonreihe zu erzeugen, wie beim Exspiriren, nämlich von F bis f^1 **). Diese Töne klingen schlecht, rauh, heiser und haben natürlich wenig Resonanz. Der Kehlkopf stellt sich dabei im Allgemeinen ebenfalls für die tiefen Töne tief, für die hohen hoch, doch vermag er auffallender Weise nie so tief herabzusteigen, wie beim Exspiriren. Ich kann nur etwa 4 Töne hinter einander, und auch nur in ziemlich schnellem Tempo, auf einer Inspiration erzeugen. Der mittlere, beim Einwärtssprechen am leichtesten ansprechende Ton liegt bei mir zwischen c und g, er liegt also ein Paar Stufen, aber noch lange keine Oktave, höher, als der gewöhnliche Sprechton beim Ausathmen. Das Timbre ist ein eigenthümliches; etwas dem Falset ähnliches vermag ich nicht zu erzeugen. Die Töne klingen bei geschlossenem Munde besser, als bei offenem. Dennoch ist die Vokalbildung auch beim Inspiriren nicht unmöglich: es lassen sich alle Vokale vernehmlich und unterscheidbar erzeugen, desgleichen die Konsonanten, und zwar ohne Ausnahme. Manche Schriftsteller behaupten, das sogenannte Bauchreden geschehe mittels der Inspiration, und Liskovius will es sogar an einem Bauchredner direkt beobachtet haben. Nach meinen wiederholten Beobachtungen sprechen die Bauchredner (wenn wir diesen höchst unpassenden Ausdruck beibehalten wollen) für gewöhnlich während der Exspiration, wie andere Menschen, und ihre ganze Kunst beruht auf einer geschickten Abwechselung der Stimmregister und der Timbres, wodurch sie, bei hinlänglicher Einübung, alle die Illusionen erzeugen können, welche hier stattfinden. Einzelne kurze Worte können sie natürlich ebenso gut, wie ich und andere Laien, inspirando erzeugen, und dadurch eine Abwechselung mehr in der Pronunciation hervorbringen, aber dass sie nur beim Inspiriren ihre Kunst ausübten, ist schlechterdings unmöglich, und daher ein grober Irrthum, so Etwas zu behaupten.

3) Untersuchung der innern, der direkten sinnlichen Wahrnehmung entzogenen Vorgänge im Stimmorgan während der Phonation. Theorie der menschlichen Stimme.

Wir kommen jetzt zu der letzten, bedeutungsvollsten Aufgabe unserer phonischen Untersuchungen, welche sich mit den innern Vorgängen oder Bewegungen, die bei der Phonation des lebenden Organs stattfinden, beschäftigen soll. Wir sollen jetzt zeigen, ob wir durch unsere Vorarbeiten, die wir mit offengelegten Organen vornahmen, befähigt worden sind, durch

*) Comptes rendues 1848. No. 8.

**) Die bisherigen Beobachter scheinen sich zuweilen in der Oktave geirrt und ihre Inspirationstöne 1 Oktave höher aufgefasst zu haben.

den Schleier, welcher die phonischen Vorgänge des lebenden Organes bedeckt, blicken zu können. Nachdem wir die anatomischen Verhältnisse und die Bewegungsfähigkeiten der bei der Phonation muthmaasslich betheiligten Organe, sodann die in einer aus festen oder elastischen (dehnbaren) Wänden (Bändern) nachgebildeten, möglichst zweckmässig (als Mundstück) gefassten und mit einem konsonirenden Raume verbundenen Schallöffnung (Stimmritze) sich in Folge des Luftanspruchs bildenden stehenden Schwingungen mit den dadurch hervorgerufenen verschiedenen Tonphänomenen untersucht, hierauf die Schwingungen und Tongebilde betrachtet und auskultirt haben, welche der ausgeschnittene, zum stehenden Schwingen seiner Bänder vorgerichtete, aber sonst immobile Kehlkopf zu geben fähig ist, wenn seine Theile in gewisse, den im Leben stattfindenden muthmaasslich ähnliche Dispositionen gebracht werden, haben wir im vorigen Abschnitt die sichtbaren Bewegungen und sonstigen sinnlich wahrnehmbaren Veränderungen, welche das lebende Stimmorgan darbietet, wenn es seine verschiedenen Tonphänomene hervorbringt, betrachtet. Wir schritten hier, so gut als es anging, von den einfachsten, nur wenigen Konflikten und Interferenzen ausgesetzten Bewegungsverhältnissen allmälig zu den zusammengesetztere und zahlreichere Kollisionen und Kooperationen darbietenden Phänomenen fort. Diese Betrachtung des lebenden Stimmorgans war zunächst darauf berechnet, dasjenige zu kompletiren, was die Untersuchung des ausgeschnittenen Kehlkopfs unberührt lassen musste.

Die Schwierigkeiten unserer gegenwärtig vor uns liegenden Untersuchung bestehen namentlich darin, dass wir für dasjenige, was wir am todten Kehlkopf und an andern einfachern Apparaten mit Ohr und Auge verfolgt und überhaupt durch das Experiment aufgefunden haben, das Analogon und noch etwas mehr an dem mit allen möglichen, in lebendiger, harmonischer Kooperation stehenden, Mitteln ausgerüsteten und diese Mittel in fast unendlich variabeler Weise verwendenden lebenden Organe auffinden sollen, ohne dass wir hier die wesentlichen phonischen und mechanischen Vorgänge mit Augen verfolgen und so das letzte entscheidende Kriterium anlegen können. Wir stehen hier vor der verschlossenen Thüre einer Werkstatt, die weit feiner und vollkommener arbeitet, als wir je im Stande waren, deren Erzeugnisse wir allerdings mit dem einen Sinne genau auffassen, und von welchen wir auch manche, wenigstens in ähnlicher Weise, mit denselben, aber leider weit schlechter beschaffenen, ihrer Haupteigenschaft beraubten Organen nachzuahmen gelernt und dann mit beiden Hauptsinnen aufzufassen Gelegenheit gehabt haben: allein ob unsere Arbeit etwas taugte, ob sie wirklich mit der dem Auge entzogenen der lebenden Organe sich so unbedingt vergleichen lässt, ob wir wirklich genau nach denselben Principien operirten, nach welchen das lebende Organ arbeitet, das ist eben die Frage, die wir jetzt zu lösen uns unterfangen wollen. Wären unsere Vorstudien und Vorarbeiten vollkommen und ohne allen Tadel, so würde uns diese Lösung nicht eben schwer fallen, wir würden dann ziemlich ebenso sicher, wie der Mathematiker das unbekannte x, durch Gleichung oder Vergleichung der bekannten Grössen und Erscheinungen mit einander auch die noch unbekannten, unsichtbaren erforschen können. Aber unsere Arbeit ist, wie alles Menschenwerk, unvollkommen, wenn auch vielleicht (was aber leider auch nicht viel sagen will) vollkommener, als die früheren Arbeiten Anderer; also wird auch unsere Theorie (oder vielmehr Akustik) der menschlichen

Stimme, die wir jetzt konstruiren wollen, auch noch nicht die Grenze der Vollkommenheit erreichen, welche dem wahrhaft wissenschaftlichen Standpunkte entspricht.

a. Tonbildung überhaupt. Verhalten der tönenden Luftsäule im Ansatzrohre.

Im Allgemeinen können wir annehmen, dass im lebenden Organ die Tonbildung überhaupt leichter erfolgt, als am todten Kehlkopf oder künstlichen (einfachern) Organen und Mundstücken, und zwar deshalb, weil wir die Erfahrung gemacht haben, dass die meisten tonfähig vorgerichteten Mundstücke, welche isolirt angeblasen keinen Ton gaben, verhältnissmässig und mehr oder weniger leicht zum Anspruch gebracht wurden, wenn ein Ansatzrohr mit ihnen verbunden wurde. Der menschliche Kehlkopf befindet sich in dieser Hinsicht in einer äusserst günstigen Lage, wie wir wohl nicht erst ausführlich auseinander zu setzen brauchen; und zwar sind hier die Verhältnisse günstig sowohl zur Erzeugung von Zungentönen, als auch von Lufttönen, so dass wir wohl auch annehmen können, dass in allen Fällen, wo das Organ normal beschaffen und die Tonbildung keine falsche ist, die ganze exspirative Luftmasse in tönende Schwingungen versetzt wird.

In allen Fällen, wo die Bänderschwingungen zunächst den Ton konstruiren und die Schwingungszahl bestimmen, muss die Knorpelglottis geschlossen sein, sonst wird der Ton hauchend und die ganze Phonation ermüdend, da die Masse der vorhandenen Luft rasch konsumirt wird, und caet. paribus ein grösserer Druck von Seiten der Exspirationsmuskeln aufgewendet werden muss, um die stehenden Schwingungen der Stimmbänder in Gang zu bringen und zu erhalten. Auch würden bei offenstehender Knorpelglottis leicht pfeifende Nebentöne entstehen, und dadurch die beabsichtigte Tonbildung sehr gestört werden. Die Hypothese Harless', dass die Knorpelglottis als Ventil wirke und durch Ableitung eines (überflüssigen) Theils des Luftstroms das Ueberschnappen, durch Verengung oder Verschliessung das Detoniren verhüte, ist nicht haltbar, da dabei vorausgesetzt wird, dass diese Glottisöffnung bei jeder Tonbildung wesentlich und nothwendig sei.

Beim Schreien mag die Knorpelglottis etwas, und zwar in ihrer vordern Partie geöffnet sein, die Aktion der Mm. cricoarytaen. laterales also durch den Seitendruck der Luftsäule überwunden werden, zumal da, wie wir wissen, Verlängerung der Pfeiföffnung den Ton erhöht und voller macht: die Schildknorpelflügel sind dabei stark nach beiden Richtungen angezogen, der Kehlkopf hierdurch und durch gleichzeitige Kontraktion des M. cricothyreoideus fixirt, und die Stimmbandkörper durch Kooperation des letztern Muskels, einigermaassen auch des Thyreo-arytaen. und selbst des Cricoarytaen. posticus so straff und hart geworden, dass keine Bänderschwingungen, wenigstens keine tonangebenden, mehr möglich sind. Aus diesem Grunde läuft auch jeder wahre, vollkommene Schreiton in eine Art Falsetton aus, wie wir dergleichen am ausgeschnittenen Kehlkopf bei starker Längenspannung der Stimmbänder kennen gelernt haben. Die Ventrikel nehmen jedenfalls auch hier die erstgebildeten Schallwellen auf und verstärken sie durch Reflex von ihren Wänden aus, die hier offenbar gespannter und renitenter sind, als bei andern Tonvorgängen, wenn sie auch in dieser Hinsicht keine so grosse Wirkung ausüben können, wie der Saccus extralaryngeus der Affen und einiger anderer Vierfüssler, besonders wo die-

ser Sack von der Basis der Epiglottis ausgeht. Andere ähnliche Erweiterungen und Divertikel bei manchen Thieren wirken nur als Resonanzorgane oder als Luftreservoire zur Verlängerung der tönenden Exspiration, namentlich wenn sie im Windrohre (unter den Stimmbändern) liegen.

Ueber die wesentlichen Bedingungen zu einem relativ guten, leicht ansprechenden, wohlklingenden und ästhetisch variabelen Ton können wir vor der Hand Folgendes als wahrscheinlich aufstellen. Zu einem guten reinen Ton gehört zunächst normale Beschaffenheit der Schleimhaut und der elastischen Gebilde des ganzen Stimmorgans, sodann vollkommene Wegsamkeit aller die Schallwellen aufnehmenden, reflektirenden und leitenden Organe der Räume. Vor allem sind hier ausser den Stimmbändern zu nennen die Seitenventrikel des Kehlkopfs nebst den an dessen Eingange liegenden Taschenbändern, deren Funktion man erst recht inne wird, wenn sie eben nicht mehr fungiren können. Seiner ganzen Anlage nach ist der Ventrikel recht geeignet, bei jedem entzündlichen Kehlkopfkatarrh sich zu verstopfen, oder in eine solche Beschaffenheit zu gerathen, dass nur wenig Luft in den Sack des Ventrikels eindringen kann. Sobald die Schleimhaut des Taschenbandes entzündlich angeschwollen ist, ist der Eingang in den Ventrikel verengt, das Atrium in eine schmale Ritze verwandelt, die tönende Luft dringt daher nicht vollkommen oder nicht schnell genug in den Ventrikel (dessen innern Ueberzug wir uns noch als normal beschaffen denken), die Luft wird in demselben nicht hinlänglich komprimirt, die nach innen sehende Wand des Ventrikels, die den grössern Theil des Aditus ad glottidem superior bildet, wird nicht hinlänglich gespannt, und so entgeht dem Tone, wie wir noch weiter unten näher untersuchen wollen, eine wesentliche Bedingung seines Wohlklangs. Ist nun vollends der Ventrikel noch mit zähem Schleime ausgefüllt, der durch die eingetriebene Luft sich nicht wegschaffen lässt, so ist die ganze Wand der obern Kehlkopfpartie ihres Hohlraums beraubt und so für die Schallwellen nicht nur unzugänglich, sondern auch leitungsunfähig geworden, der Ton ist gedämpft, gehaltlos, auch wenn die Stimmbänder im besten Zustand sich befinden und ihre Schwingungen so gut ausführen, als sie unter diesen Verhältnissen nur vermögen. Demnach muss, soll ein guter Ton erzielt werden, ausser normaler Beschaffenheit der Stimmbänder, von welchen wir bald ausführlicher sprechen werden, der obere Kehlkopfraum frei von entzündlicher Anschwellung und die Höhlen der Kehlkopfwände leer und der Luft zugänglich sein. Aber auch der untere Kehlkopfraum und das Windrohr muss in normalem Zustand sich befinden. Ist die Schleimabsonderung hier zu stark, so drängt sich von Zeit zu Zeit Schleim zwischen die Stimmbänder und macht den Ton rauh und rasselnd, ist die Schleimhaut hier entzündlich geschwollen, so werden die Schwingungen der 2. und 3. Zone der Stimmbänder gestört: die Stimme erscheint belegt: ist die Schleimabsonderung in Folge dieses oder eines andern Leidens zu gering, oder entbehrt die aus den Lungen kommende Luft des normalen Wassergehaltes, so werden die Stimmbänder zu schnell trocken, blutarm und der Ton dadurch heiser. Gehen wir höher hinauf, in das Ansatzrohr, so finden wir, dass der Ton an Fülle, Klang und Resonanz verliert, wenn eine oder die andere der Nebenhöhlen oder gar der Nasenhöhlen selbst der Luft unzugänglich geworden ist; desgleichen leidet die Stimme bedeutend, wird matt, rauh und kreischend, sobald der weiche Gaumen nebst seinen Nachbarorganen entzündlich angeschwollen ist. Ueber diese Krankheitszustände speciell zu

sprechen ist hier noch nicht der Ort. Ich glaube jedoch schon durch diese Bemerkungen nachgewiesen zu haben, was es heisst, wenn sich das Stimmorgan in gesundem Zustande befindet, und zu einer relativ guten Tonerzeugung disponirt ist.

Ueber die Ursachen und Bedingungen der verschiedenen „Stimmen-Individualitäten", d. h. dessen, wodurch man das Individuum an seiner Stimme erkennt, warum der eine Mensch eine gute, der andere eine schlechte, der dritte eine leidliche Stimme besitzt u. s. w., liesse sich sehr viel sagen, und noch mehr nicht sagen, was Alles uns jedoch nur aufhalten würde, ohne unsere Erkenntniss sonderlich zu fördern: was für unsern Zweck erforderlich zu sein scheint, und was wir darüber mit einiger Gewissheit angeben können, wollen wir später an geeigneten Stellen anbringen.

Der Ton selbst wird im Kehlkopf stets und unter allen Umständen in der Glottis gebildet, sobald dieselbe, d. h. der Raum zwischen den untern Duplikaturen der elastischen Auskleidung der Kehlkopfhöhle (den Stimmbändern) hinlänglich verengt worden ist, und dann ein Luftstrom von angemessener Spannung hindurchgeführt wird. Von dem Mechanismus des sogenannten Toneinsatzes werden wir passender weiter unten sprechen. Nach dem, was wir bei unsern akustischen Untersuchungen kennen gelernt haben, sind hier zunächst zwei Fälle möglich. Entweder gerathen die Stimmbänder (die Glottisränder, Glottiswände), oder es geräth die durch die gebildete Glottis streichende Luftsäule in primäre stehende Schwingungen. Ob das eine oder das andere geschehen soll, hängt von der relativen Elasticitätsgrösse oder Spannung beider in Konflikt tretenden Schallkörper ab. Wenn der Luftstrom bei einer gewissen Spannung die Elasticität der einander hinlänglich genäherten Bänder so weit zur Geltung kommen lässt, dass letztere nach ihrer Ablenkung oder Ausbeugung, welche der Druck des Luftstroms bewirkte, diesem entgegen wieder zurückschwingen, so dass der Luftstrom selbst dabei verdrängt wird, so gerathen die Bänder primär in stehende Schwingungen; ist dagegen die Spannung der Stimmbänder grösser, als dass diese durch den Druck der durchstreichenden Luftsäule aus ihrem (gerade vorhandenen) Gleichgewicht gebracht werden könnten, oder ist der Druck, den die Luftsäule ausübt, grösser, als dass die Bänder aus ihrer Ausbeugung wieder rekurriren könnten, so wird die Luftsäule in primäre stehende Schwingungen versetzt, sofern sie nur sonst durch die Organe der Glottis in eine solche Disposition gebracht worden ist, dass dieses Phänomen stattfinden kann. Im erstern Falle entsteht ein normaler, durch Zungenschwingungen ganz oder vorzugsweise erzeugter Ton, im zweiten Falle ein Schrei oder ein Kehlpfeifton. Je nachdem die Schwingungen der Stimmbänder mehr den gegenschlagenden angehören, gestaltet sich der Ton als sogenannter Brustton, während die Schwingungen, welche Falsettöne geben, mehr mit den überschlagenden übereinkommen. Bei erstern findet, wie wir weiter unten genauer nachweisen werden, eine selbstständige Kontraktion des M. vocalis statt, welche die Stimmbänder einwärts drängt, so dass die 2. Zone derselben sich mit an den Schwingungen betheiligt; bei der 2. Art derselben fehlt diese Thätigkeit des M. vocalis, und es schwingt nur die obere Zone. Aber es ist noch ein dritter Fall möglich. Wenn zwei wenig elastische Bänder oder Zungen in einem cylindrischen Raume oder Mundstücke gehörig gefasst einander bis zur Berührung oder bis zum Auf- oder Uebereinanderliegen genähert worden sind, und dieselben durch einen andringenden Luftstrom

auseinander getrieben werden, der jedoch nicht Spannung genug hat, um sie fortgehend auseinander getrieben zu erhalten, so dass die im ersten Moment vom Luftstrom gebildete Stimmritze im zweiten Moment durch die Renitenz der Bänder wieder geschlossen wird, worauf im dritten Moment die Luftsäule wieder eine Oeffnung, im vierten die Bänder wieder einen Schluss bewirken u. s. f., so entsteht ein Schallphänomen, bei welchem Luftsäule und Bänder so ziemlich gleichen Antheil haben, und welches wir früher mit dem Namen aufschlagende Schwingungen zu bezeichnen pflegten. Geschieht nun dieses im Kehlkopfe mit den Stimmbändern, besitzen dieselben durch grosse Abspannung nur noch ein geringes Maass von Elasticität, sind sie bis zur Berührung gegen einander gerückt, wird ein verhältnissmässig schwacher Luftstrom durch dieselben geführt, so bilden sich jedenfalls dergleichen aufschlagende Schwingungen, die sich in ihrer Sukcession zu einem tonartigen Phänomen summiren, welches dasjenige darstellt, was wir Strohbass genannt haben. Das Kopfregister und Kehlbassregister kommen durch gemischte Schwingungen zu Stande. Wir sprechen vom Mechanismus dieser Register ausführlicher in besondern Kapiteln.

Bereits früher *) haben wir bemerkt, dass jeder Zungenton an sich wenig und unvollkommen klinge, und erst durch die Wiederholung seiner Schwingungen in einem leitungsfähigen Medium seine Klangfülle erlange. Wir fügen hier hinzu, dass der Ton bei diesem Vorgange ausser seinem Volumen auch noch andere Eigenschaften erlange, deren Komplex wir als Timbre oder Klangfarbe bezeichnet haben. Der primäre Ton der Stimmbänder des menschlichen Kehlkopfs unterliegt nun, abgesehen von seinen übrigen Eigenschaften (Register, Schwingungszahl u. s. w.), bei seinem Wege durch das Ansatzrohr einer Menge von Einflüssen, die den ans Ohr des Hörers tretenden Ton als etwas ganz Anderes, etwas weit Vollkommeneres erscheinen lassen, als was er bei seinem Entstehen war. Wir wollen diesen Einflüssen so weit nachgehen, als wir im Stande sind.

Einen eigentlichen Resonanz- (richtiger Konsonanz-) Apparat besitzen die Stimmbänder im Sinne der musikalen Instrumente, die mit dem Stimmorgan verglichen werden können, nicht, oder nur in unvollkommener Weise. Gleichwohl wird eine sehr vollkommene Konsonanz hier erzielt, aber durch ganz eigenthümliche Mittel und Wege.

Von den Kehlkopfknorpeln ist in Bezug auf Konsonanz wenig zu erwarten, da sie grossentheils mit unelastischen, die Schallschwingungen hemmenden Geweben überzogen sind. Wichtiger für die Konsonanz scheint die Fovea subepiglottica zu sein, da hier das Knorpelgewebe am meisten zu Tage liegt und ziemlich freie Mitschwingungen zulässt, weil von hier aus die elastische Auskleidung des Kehlkopfs, die doch zunächst in Mitschwingungen versetzt wird, hauptsächlich ausstrahlt, und weil von dieser Grube aus die Solidarwellen der Bänder an die Epiglottis geleitet werden, welche noch am ersten mit einem sogenannten Resonanzboden verglichen werden kann. Im Allgemeinen ist aber die ganze nach unten und oben trichterförmig sich erweiternde Kehlkopfshöhle darauf angelegt, die gebildeten Schallwellen, sobald sie sich in der elastischen Auskleidung reproducirt haben, der Luftsäule mitzutheilen, und diese durch geeignete Begrenzung, Ausweitung und Unterabtheilung zu dem Mittel zu machen, das nicht nur dem Ton seine

*) S. 558. k).

Klangfülle, sondern auch seine Klangfarbe giebt, also nicht nur für das erforderliche Volumen, sondern auch für eine zweckmässige Diffusion der tönenden Luftsäule sorgt. Die Schallwellen der Glottis werden nicht nur nach oben, sondern auch nach unten geleitet: sie resoniren, wie in der Rachenhöhle, so in der Luftröhre und dem ganzen Thoraxraume, dessen Wandung sie sogar in Wellenbewegung versetzen, ja auch der Unterleib mit seinen lufthaltigen Gedärmen muss als Resonanzorgan dienen. Wenigstens geschieht dies bei den vollen Brusttönen, und der ganze Name dieser Töne ist dadurch entstanden, dass man die Entstehung jedes Tonphänomens an den Ort verlegt, von welchem aus der Schall seinem Volumen nach vorzugsweise zu kommen scheint; dieser Ort ist aber stets die Summe der hinter dem primären Schwingungsvorgang die fortgepflanzten Schallwellen zurückwerfenden Objekte. Die eigentliche Färbung des Klanges erhält jedoch der menschliche Ton theils in der oberen Kehlkopfsapertur, theils im Ansatzrohre. Hier treten uns wieder zunächst die Ventrikel und oberen Glottis- oder Taschenbänder entgegen, über deren Funktion bereits sehr verschiedene Hypothesen aufgestellt worden sind. Wir haben hier die Atrien und die Säcke zu unterscheiden. Jedenfalls werden die Schallwellen, die von den Bändern oder in der Glottis erzeugt worden sind, zum Theil wenigstens, in die Atrien umgebeugt, um bei ihrem Ausgange aus der Glottis und bei ihrer Umbeugung um die Taschenbänder in dem Raume zwischen diesen letztern eine Durchkreuzung zu erleiden, welche jedenfalls von einem neuen phonischen Effekte begleitet ist, wenn wir auch dessen Beschaffenheit aus Mangel direkter Untersuchungen noch nicht bestimmt angeben können. Dieser also offenbar vorhandene phonische Effekt muss nun in Verbindung mit dem bereits in der eigentlichen Glottis gebildeten dem Tone eine eigenthümliche Beschaffenheit geben, welche noch dadurch modificirt wird, dass die Taschenbänder gleichzeitig in Mitschwingungen versetzt werden. Nach Harless (S. 554) ist zwar die obere Stimmritze (der Raum zwischen den Taschenbändern) ohne Einfluss auf die Tonhöhe: wenn wir aber bedenken, dass die in den Atrien befindliche Luft offenbar verdichtet wird, und jede über einer schwingende Zunge stattfindende Luftverdichtung die Schwingungen etwas retardirt, so können wir uns der Ansicht nicht erwehren, dass die obern Glottisbänder, durch deren Vorhandensein ja eben diese Atrien und also auch diese Kompression der Luft zu Stande kommt, bei Erzeugung der tiefsten Brusttöne eine nicht unwesentliche Rolle spielen müssen, abgesehen von dem Einfluss auf den Klang der Töne überhaupt. Hierzu kommt noch der Einfluss der Ventrikelsäcke selbst. Nach meiner Ansicht ist die Funktion derselben eine dreifache. Erstlich fungiren dieselben als schleimabsondernde Organe: sie bilden grosse, mit einer verhältnissmässig sehr ausgedehnten Absonderungsfläche versehene Schleimkrypten, welche fortwährend den Stimmbändern, namentlich wenn sie in Arbeit sind, den zu ihrer Anfeuchtung nöthigen Schleim zuführen, was um so nöthiger ist, da die Glottisränder selbst keine Schleimdrüsen besitzen (weil diese der Erzeugung eines guten Tones hinderlich sein würden). Durch die während der Stimmbildung mit grösserer Tension in diese Säcke einströmende Luft werden die Schleimdrüsen der innern Wand derselben zu grösserer Absonderung gereizt, und es steht dieselbe durchaus mit dem Grade jener Tension in geradem Verhältniss, so dass gerade dann, wenn die Stimmbänder am thätigsten sein, d. h. die schnellsten und ausgiebigsten Schwingungen ma-

chen sollen, auch der zur Unterhaltung derselben erforderliche Schleim am reichlichsten abgesondert wird. Zweitens üben diese Säcke einen gewissen mechanischen Einfluss auf die Schwingungen der Stimmbänder aus, insofern die während der Phonation fortwährend aus der Oeffnung des Blindsacks nach der Reflexion in demselben ausströmende Luft eine zu hoch gehende Ausdehnung der Exkursionen und somit das Aufschlagen des Stimmbands an das Taschenband verhütet. Drittens dehnt die in den Blindsack eingedrungene Luft die seitliche Glottiswand aus, macht sie hohl, und erhöht ihre Elasticität und ihr Mitschwingungsvermögen, sowie auch der ganze Ventrikel den ersten Raum darstellt, in welchem die so eben zum Tönen gebrachte, noch sehr eingeengte Luftsäule sich einigermaassen seitlich ausbreiten und resoniren kann. Alles dies sind zwar Dinge, welche am ausgeschnittenen Kehlkopf von keinem grossen Belang zu sein scheinen, da der Ton, den die Stimmbänder hier geben, auch nach Wegschneidung der oberen Glottisbänder und selbst der ganzen oberen Portion des Kehlkopfs noch mit verhältnissmässig leidlichem Timbre fortbesteht, allein das Timbre der Töne des lebenden Stimmorgans ist ja von dem der Töne des ausgeschnittenen und verstümmelten Kehlkopfs so sehr verschieden, dass jener Einwurf geradezu verstummen muss. Savart*) legt einen noch grössern Werth auf die Funktionen der Ventrikel, indem er behauptet, die Luft könne in denselben unabhängig von der in der Stimmritze in Schwingungen gerathen und so selbstständige Töne erzeugen, sobald nämlich die ausdehnbaren Theile des Stimmorgans die zu dem beabsichtigten Tone erforderliche Spannung nicht erreichen können.

Ueber den Einfluss, den die Epiglottis auf die Stimme des Menschen hat, hat noch kein Physiolog etwas Befriedigendes vorgebracht. Biot und Magendie**) schreiben es, sich auf analoge Erscheinungen an Orgelpfeifen stützend, dem Kehldeckel zu, dass wir den Ton schwellen können, ohne ihn zu erhöhen oder die Stimmbänder in entsprechendem Maasse erschlaffen zu müssen. Nach J. Müller***) wird der Ton durch Deckung des Kehlkopfs mittels Senkung des Kehldeckels etwas tiefer und dumpfer. Letzteres habe ich am ausgeschnittenen Kehlkopf auch beobachtet: eine Vertiefung konnte ich jedoch nie bemerken, eher eine kleine Erhöhung. Damit scheint Liskovius' 7. Versuch (§. 30) in Einklang zu stehen. Wenn er nach Entfernung der Taschenbänder über das vordere oder hintere Ende der Stimmritze eine Fingerspitze hielt, doch ohne die Stimmbänder selbst zu berühren, so erhöhte sich der Ton. Wichtiger ist Müller's an sich selbst gemachte Beobachtung, dass der Kehldeckel bei Bruststimme wie bei Fistelstimme dieselbe Stellung behält. Nach Despiney †) soll die Crista mediana der untern Fläche der Epiglottis, wenn sich dieselbe auf die Glottis legt, Flötentöne hervorbringen können: auch bewege sich, sagt er, beim Meckern, Tremuliren oder analogen Stimmmanieren, die Epiglottis auf der Stimmritze hin und her, so wie man auch, ohne Singtöne anzugeben, bei der Exspiration durch rasche Bewegung der Epiglottis eine Art Rasselgeräusch oder Schnarchen hervorbringen könne, ebenso, wenn man bei der Inspiration die Epiglottis der Glottis zu nahe bringt. C. Mayer ††) sagt über dieses Organ Folgendes: Wenn man den Finger bei der Tonerzeugung in die Aushöhlung der Epiglottis legt, so fühlt man deutlich, dass dieselbe sich einrollt und den inliegenden Finger komprimirt. Sie stellt sich bei hohen Tönen wie ein eingerolltes Blatt in die Richtung des aus der Stimmritze kommenden Tones, fängt den-

---

*) Annales de chimie et de physique. 1825.

**) Physiologie I. S. 221.

***) Physiologie II. S. 201.

†) Physiologie de la voix, pag. 36 ff.

††) Ueber den Bau des Organs der Stimme etc. 1852. (zu Ende).

selben in ihrem Hauptkanale auf, sammelt oder kondensirt denselben, spannt sich bei den hohen Tönen bedeutend an, und schwingt als Klappe oder Zunge mit. Schon Nöggerath*) fand jene Einrollung an einem Manne, der eine grosse offene Halswunde hatte, bestätigt. Endlich fand Eichmann**) und andere Pathologen, dass durch Verknöcherung und Hyperchondrose des Kehldeckels, welche Zustände die Form und Bewegungen des Organs stören und erschweren, die Stimme gestört wird, ohne dass er jedoch die Art dieser Störung näher bezeichnet.

Was mich und meine Ansicht über den Nutzen des Kehldeckels anlangt, so werde ich zuerst meine Beobachtungen anführen, sodann die Funktionen dieses Organs zu erklären suchen. — Bei jeder Exspiration, mag ein Tonphänomen dabei stattfinden, oder nicht, treibt sich am ausgeschnittenen Kehlkopf die Wurzel der Epiglottis aus- und aufwärts, der Raum über den Stimmbändern wird dadurch etwas erweitert: die blattförmige Ausbreitung der Epiglottis dagegen bewegt sich etwas einwärts; eben so nähern sich die beiden Taschenbänder bei jeder Exspiration etwas. Wenn ich den Kehldeckel absichtlich über die Apertur des Kehlkopfs legte, so wurde der Ton nicht eher geändert, als wenn diese Deckung so weit ging, dass die tönende Luft sich erst im obern Kehlkopfraume fangen und verdichten musste, bevor sie den Ausweg erzwang: der Ton wurde dabei aber nicht tiefer, sondern etwas erhöht. Wurden, bei gleichbleibender Spannung der Stimmbänder, die Taschenbänder etwas niedergedrückt, so erhöht sich der Ton gleichfalls etwas. Dagegen ist die eine volle Stufe betragende Erhöhung, welche eintrat, wenn ich das Kehlkopfpräparat mit seiner Axe wagrecht hielt, so dass die Epiglottis nach unten überhing und die Apertur sich erweiterte, mehr auf Rechnung des Zugs an den Bändern durch den nach unten fallenden Schildknorpel zu bringen, als auf den Einfluss der Epiglottis, so wie die nicht unbeträchtliche Tonvertiefung, die ich beobachtete, wenn ich die Epiglottis von ihrer Wurzel abzog, zunächst der dabei unvermeidlichen Verkürzung und Erschlaffung der Stimmbänder zuzuschreiben ist. Nach völliger Wegnahme der Epiglottis änderte sich zwar die Tonstufe nicht, wohl aber das Timbre, welches schlecht, matt, fast heiser wurde; auch liessen sich die Töne nicht mehr so gut schwellen, und überschlugen sich oft bei einem Spannungsgrade, der vorher noch reine Töne gab. — Die Hauptwirkung der Epiglottis hinsichtlich der tönenden Luftsäule ist wohl eine aërodynamische. Wenn verdichtete Luft aus einer Oeffnung ausströmt und einen gegenüberstehenden Körper, z. B. eine leicht bewegliche Platte trifft, so sollte man erwarten, dass diese vom Luftstrome fortgestossen würde. Dies ist auch wirklich der Fall, wenn der Ausfluss aus einer frei stehenden Röhre erfolgt. Ist aber die Ausflussmündung an einer breiten Wand angebracht, welcher die Platte in geringer Entfernung gegenübersteht, von einem Durchmesser, welcher den der Oeffnung weit übertrifft, oder erweitert die Oeffnung sich nach aussen trichterförmig, so wird die Platte gegen die Oeffnung hingetrieben. Denn es würde hier, da durch die weite Oeffnung mehr Luft abfliesst, als durch die verengte Stelle vermöge des innern Luftdrucks nachfolgen kann, ein luftleerer Raum zwischen Platte und Oeffnung entstehen, wenn die äussere Luft nicht erstere gegen letztere hintriebe***). Es lässt sich nicht verkennen, dass die

---

*) De voce, lingua, respiratione etc. 1841, S. 5.

**) Medicin. Correspondenzbl. 1845.

***) Muncke's Handb. der Naturlehre. I. Band. 1829. S. 257. Baumgartner's Naturlehre. 1839. 1. Th. §. 310 und 288.

Glottis und Epiglottis diesem Gesetz unterliegen müssen. Schon beim einfachen, tonlosen Exspiriren beobachteten wir (am ausgeschnittenen Kehlkopf), wie sich die Wurzel der Epiglottis zwar (weil hier die Luft verdichtet wird und nicht seitlich ausweichen kann) etwas austreibt, die Platte derselben dagegen etwas gegen die Glottis bewegt wird. Dasselbe findet bei der Phonation statt, ohne dass dies Phänomen irgend einen Einfluss, etwa einen vertiefenden, auf die Tonstufe hätte. Im Leben scheint diese die dynamischen Verhältnisse der tönenden Luftsäule regulirende Bewegung der Epiglottis durch eine Einwärtsbiegung der Seitenränder dieses Organs zu Stande zu kommen, sowie auch die Hebung des Kehlkopfs, welche bei jeder Exspiration zu bemerken ist, auf den gedachten Zweck hinzuarbeiten scheint. Aber wir haben hier noch mehr zu berücksichtigen. Die Stimmritze hat bekanntlich ihre Richtung von vorn nach hinten, der tönende Luftstrom bildet also bei seinem Anfange einen plattgedrückten Strahl, der ohne besondere Nachhülfe auf dem kurzen Wege bis in die Pars isthmica des Fangrohrs sich schwerlich so weit mit der übrigen Portion des vorhandenen Luftinhalts arrangiren würde, um als homogene Klangmasse zum Munde herausgeworfen werden zu können. Zu diesem Zwecke bietet die Epiglottis ein geeignetes Werkzeug dar. Der zwar schon in den Ventrikeln einigermaassen bearbeitete, aber durch die obern Glottisbänder doch wieder in seitlich abgeplatteter Form emporsteigende Luftstrahl wird hier zum erstenmale in entschiedener Weise reflektirt, und zwar, wenn wir uns die Epiglottis als eine zur Axe der Glottis etwa unter einem Winkel von 45° stehende, gegen ihre Seitenkanten etwas gekrümmte, im Ganzen also in zur Glottis diagonal stehender Richtung rinnenförmig ausgehöhlte Platte vorstellen, und den Ausfallswinkel als dem Einfallswinkel gleich betrachten, nach hinten auf den kombinirten Giesskannenknorpel und weiter auf die hintere Wand des Fangrohrs geworfen. Da nun aber die zurückgeworfenen Lufttheile sofort wieder von den neu aus der Glottis emportretenden getroffen und dadurch aus ihrer Richtung abgelenkt werden, da ferner an den Erhabenheiten der Giesskannenknorpel, an der Membrana quadrangularis u.s. w. neue Ablenkungen stattfinden, so werden jedenfalls alle Theile der P. laryngea des Fangrohrs von den tönenden Luftwellen getroffen, es finden fortwährend und allenthalben in diesem Raume Wellen-Interferenzen und Beugungen statt, die in die Sinus pyriformes umgebeugten Wellen werden hier abermals gebeugt, die ganze in diesem Theile des Ansatzrohrs vorhandene Luft wird durch Mittheilung tönend, und so gelangt diese nach wiederholten Durchkreuzungen und Reflexionen gehörig nach allen möglichen Richtungen durcheinander gearbeitete und homogenisirte Klangmasse durch die der Glottisrichtung gerade entgegengesetzt situirte Lücke zwischen dem obern Rande der Epiglottis und der hintern Wand des Fangrohrs in die P. isthmica desselben. Während dieses ganzen Vorgangs vibriren alle von den primären Tonwellen getroffenen beweglichen Theile mehr oder weniger lebhaft mit, und theilen ihre sekundären Wellen der in ähnlicher Bewegung bereits begriffenen Luftmasse mit. Die Epiglottis fungirt hier zugleich als ein die Bewegung der Tonwellen retardirendes, sowie die gesammte unter und hinter ihr liegende Luftmasse komprimirendes, das Lumen der respektiven Ausflussmündung derselben nach Umständen regulirendes Organ. Figur 158 hat den Zweck, die gedachten Brechungs- und Verdichtungsverhältnisse, wie sie sich in einem

Längendurchschnitte der betheiligten Räume vorstellen lassen, einigermaassen zu versinnlichen.

Diese Kompression der in der P. laryngea des Fangrohrs enthaltenen Luftmasse mittels der Epiglottis kann unter Umständen übermässig werden, und es soll nach Garcia dadurch dem Tone das gutturale Timbre aufgeprägt werden. Wenn die Zunge, sagt dieser Beobachter, sich mit ihrer Basis auftreibt (gonfle), so drückt sie die Epiglottis rückwärts auf die Luftsäule, und die Stimme wird gleichsam zerquetscht (écrassée). Man könne dies Timbre nachahmen, wenn man mit den Fingern auf das Zungenbein drückt. Nehrlich glaubt, dass der „Tonstrahl" unter diesen Umständen gerade aufwärts ins Rachengewölbe (Pars nasalis des Fangrohrs) dirigirt und von dort aus wieder in den Kehlkopf herab reflektirt werde, wodurch dem Tone die gehörige Freiheit, aus dem Munde hervorzutreten, entzogen werde. Jedenfalls ist die Stellung des Kehldeckels zur Kehlkopfsapertur für den Klang der Stimme von Wichtigkeit. Namentlich gilt dies von der frei nach oben und hinten ins Fangrohr hineinragenden Portion desselben. Wenn uns auch hierüber fast gar keine direkten Beobachtungen und Versuche am lebenden Organ zur Seite stehen*), so können wir doch auf Grund wiederholter Versuche am todten Kehlkopf annehmen, dass eine zu tiefe Senkung des Kehldeckels in Folge einer zu starken Rückwärtsziehung des Zungenbeins bei gleichzeitiger Kontraktion des Musc. hyothyreoideus dem Ton einen abnormen, widerwärtigen Klang ertheilen werde. Manche Sänger haben eine sehr grosse, breite, weit (wenn deprimirt) nach hinten ragende Epiglottis (ich besitze selbst ein solches von einem [in der anatomischen Abtheilung mehrmals erwähnten] Tenorsänger**) herrührendes Präparat), unter welchen Umständen ein solches gutturales Timbre gewiss sehr leicht eintreten konnte.

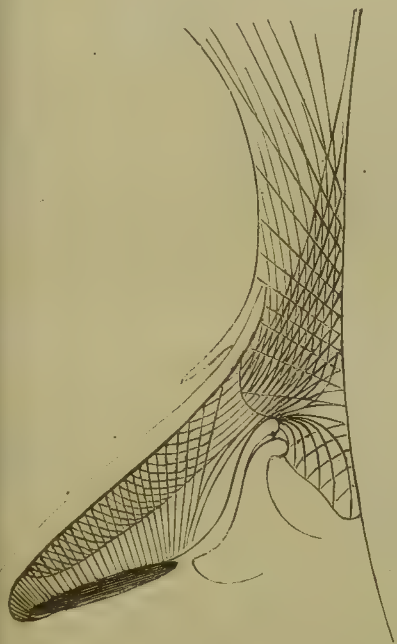


Fig. 158.

Die auf die angedeutete Weise in der P. laryngea des Fangrohrs zum klingenden Tone verarbeitete Luftsäule gelangt nun zwischen dem obern, rückwärts gebeugten Rande der Epiglottis und der hintern Wand des Fangrohrs in die Pars isthmica desselben. Da die obere frei in den Raum des Fangrohrs hineinragende Portion der Epiglottis sich bereits während der

---

*) Wenn ich die Zunge mit zwei Fingern gewaltsam hinterdrückte, um den von Garcia für sein Timbre guttural angegebenen Mechanismus nachzuahmen, so erhielt ich einen dumpfen, noch nicht nasalen Ton; die Gaumenorgane behielten ihre normale Stellung dabei.

**) Leider habe ich diesen Sänger während seiner theatralischen Wirksamkeit nur einmal (im hiesigen Theater) als Gast zu hören Gelegenheit gehabt, und kann mich nicht mehr recht erinnern, ob er in dies Timbre verfiel.

Phonation nach Maassgabe der tönenden Luftmasse und deren Tension mehr oder weniger umkrümmt, was namentlich bei grosser Länge und Breite dieses Organs das gutturale Timbre zu verhindern scheint, so fällt der Luftstrom nicht geradlinigt auf die Fangrohrwand auf, sondern bereits in divergirende, im Ganzen jedoch nach oben und vorn strebende Kurven aufgelöst. Zu einem guten, wohlklingenden A-Vokale gehört, dass die vorhandene, zur Exspiration bestimmte, tönende Luft etwa zu gleichen Theilen aus der P. isthmica, wo sie sich weiter nicht aufhalten und auch keiner specifischen neuen Modifikation unterworfen werden soll, in die Mundhöhle, also vorwärts, und in die Rachenhöhle (Nasenhöhle u. s. w.), also zunächst aufwärts (dann seit- und vorwärts) geworfen werde, und dass demnach der Eingang in die Mundhöhle zu dem Eingang in die Rachenhöhle in ein bestimmtes Verhältniss trete, wo weder der die P. isthmica von der nasalis trennende Gaumenvorhang zu eng zusammengezogen, noch die Gaumenplatte zu weit auf- oder herabgezogen, noch auch der Zungenrücken zu eng gegen den gesammten weichen Gaumen gezogen und angedrückt, oder zu weit davon entfernt wird. Ueber die diesen Bedingungen entsprechende Lage der betreffenden Theile und die diese Lage in den gedachten Richtungen verändernden Bewegungen haben wir früher (im anatomischen Theile) ausführlich gesprochen. Die Bedeutung derselben wird uns am klarsten werden, wenn wir vom Mechanismus der Abweichungen vom normalen Klange das Erforderliche vortragen.

Man spricht im gewöhnlichen Leben viel von einer sogenannten Nasenstimme, Timbre nasal; man sagt dann in der Regel: der oder jener spricht (singt) durch die Nase, ohne auf die Umstände näher einzugehen, durch welche diese Abweichung vom normalen Timbre zu Stande kommt. Im Allgemeinen müssen wir hier zweierlei von einander sehr verschiedene Zustände der betheiligten Organe ins Auge fassen. Im erstern Falle wird das Gaumensegel mehr, als für den Normalton erforderlich ist, gesenkt, dabei der Zungenrücken gegen dasselbe gehoben, so dass diese Organe so ziemlich die Lage annehmen, welche für das **ng** (s. diesen Laut im folgenden Hauptabschnitt) die normale ist. Die in die Pars isthmica geführte Luft kann unter diesen Umständen nicht oder nur zum geringen Theil in die Mundhöhle geführt werden, steigt vielmehr durch den Isthmus, dessen Pfeiler für diesen Zweck hinlänglich geöffnet bleiben, in die P. nasalis des Fangrohrs, um von da aus sich in die Nasenhöhlen und deren Nebenhöhlen weiter zu verbreiten und endlich durch die Nares zu Tage zu kommen, während eine Emission des tönenden Luftstroms durch die Mundöffnung nicht oder nur höchst unvollkommen stattfindet, mag letztere weit oder eng gemacht werden. Schmalz*) u. a. nennen diesen „Stimmfehler“ Rhinophonia narium perperam apertarum, weil für Emission des Tones die Nasenkanäle hier mehr, als der Mundkanal geöffnet sind. In diesem Falle geht wirklich der Ton mehr, als recht ist, durch die Nase, und der Sprachgebrauch hat Recht. Im zweiten Falle, der freilich meist mit ersterem dem Ausdrucke nach vermengt wird, sind die wesentlichen Verhältnisse fast ganz umgekehrt. Hier ist die Stellung der Gaumenorgane zur Zunge eine ziemlich normale, die Luftsäule hat sowohl zur Mundhöhle, als zu den Nasen- und sonstigen Höhlen freien

---

*) Clarus und Radius Beiträge zur prakt. Heilkunde. Bd. I. 1834. No. 60. S. auch Despiney a. a. O. S. 41 f.

Zutritt, aber in den letztern sind Hindernisse vorhanden, welche die freie Fortbewegung, Diffusion und Emission der tönenden Luftmasse behindern, ein grosser Theil derselben kann in die gedachten Höhlen gar keinen Eingang finden, weil deren Aperturen (z. B. durch Schleim) verschlosssen sind, oder kann nicht in dem einen oder in beiden Nasenkanälen vorwärts, kann nicht aus denselben heraus, der Ton stagnirt gleichsam in den Seitenhöhlen, in welche er behufs der vollkommenern Resonanz eine Digression machte, er muss in derselben Richtung wieder umkehren, in welcher er ankam, damit er endlich doch noch in der Mundhöhle eine Bahn finde, auf welcher er herausbefördert werden kann. Dies ist die Rhinophonia narium perperam clausarum (nach Schmalz), besser der gestopfte Nasenton, wenn wir die vorige Species den gestopften Mundton nennen wollen. Garcia erwähnt nur unsere zweite Species; Nehrlich*) und nach ihm Fink**), übersehen das Wesentliche des Mechanismus der Nasenstimme ganz und gar, und suchen denselben in einer „falschen Tonführung, bei welcher die tönende Luftsäule an der vordern Wand der Rachenhöhle anschlagen und unmittelbar in die Nase hineingeführt werden soll; der Ton bekomme dabei einen dumpfsummenden, schwirrenden Charakter.“

Wenn man das Gaumensegel höher hebt, als der normale Ton erfordert, so dass es zum Vorhang in einen fast rechten Winkel zu stehen kommt, dabei die Zunge in ihrer gewöhnlichen mittlern Lage lässt, so wird der tönenden Luftsäule der Eingang in die Nasen- und Nebenhöhlen mehr oder weniger beschränkt, so dass dieselbe zum grössern Theil in die Mundhöhle zu treten genöthigt wird. Der Ton erhält dabei eine etwas von der gewöhnlichen abweichende Färbung, die sich freilich mit Worten nicht beschreiben lässt. Ich vermuthe jedoch, dass dieser Mechanismus dem Timbre rond Garcia's, so wie dem Gaumenton Bernacchi's und Nehrlich's zu Grunde liegt. Garcia sagt: Wenn der Kehlkopf sich etwas tiefer stellt, als für's helle Timbre, und das Gaumensegel sich mittelmässig (mediocrement) hebt, so redressirt sich die Luftsäule etwas und schlägt gegen die Mitte des Gaumengewölbes an. Dann wird die Stimme eklatant, aber arrondirter als beim hellen Timbre; sie verliert dagegen an Glanz und gewinnt an Rundung (rondeur), wenn das Velum sich noch mehr hebt, so dass nur noch eine geringe Kommunikation mit den Nasenhöhlen übrig bleibt. Dabei schlägt die Luftsäule, die kaum geneigt ist, vor dem Gaumenbogen an. Nehrlich hält ausserdem zur Erzeugung seines Gaumentons eine Vertiefung des mittlern Theils der Zunge „im Untermunde“ für nothwendig, und es soll deshalb beim Singen des Gaumentons von aussen gleichsam eine Unterkehle hervortreten. Der Ausdruck Gaumentimbre ist jedenfalls für diese Tonfärbung besser, als die etwas unwissenschaftliche Bezeichnung Garcia's***). Es bildet dieses Timbre gewissermaassen den Gegensatz zur ersten Species des Nasentimbres.

Dagegen lässt sich noch ein anderes Timbre aufstellen, was durch einen Mechanismus zu Stande kommt, der zwischen dem der normalen Tonbil-

*) A. a. O. S. 97 f.

**) Der musikalische Hauslehrer. Leipzig 1846.

***) An Rundung könnte man hier höchstens bei dem Raume der Mundhöhle denken, deren Durchmesser von der Gaumenwölbung bis zur Mitte der Zunge zugenommen hat.

dung und dem des ersten Nasaltimbres in der Mitte liegt, sich also letzterem annähert. Wenn ich die Gaumenplatte mehr, als recht ist, senke oder schräg stelle, so dass sie mit dem Vorhange beinahe gleiche Neigung erhält, und dabei den Zungenrücken etwas zu viel hebe, so dass zwischen beiden Organen ein ziemlich enger Spalt bleibt, der bei seiner Verlängerung gerade auf die Mitte des harten Gaumens hinführt, so nimmt meine Stimme ein gellendes, scharfes Timbre an, das vielleicht als eine Uebertreibung des hellen Timbre's angesehen werden kann.

Endlich erwähnt Garcia noch ein rauhes Timbre. Rauh und hohl werde die Stimme, wenn man in dem Augenblicke, wo die Gaumenplatte gehoben wird, die Pfeiler des Isthmus mehr erweitert. Ob man jedoch die Bewegungen dieser letzteren Organe so in seiner Gewalt habe, daran habe ich Grund einstweilen noch zu zweifeln.

Diese verschiedenen Timbres, welche sämmtlich innerhalb der Breite des Gesundheitszustands der Gebilde des Ansatzrohrs liegen können, haben ihre Zwischenstufen und Varietäten, jenachdem bald die eine, bald die andere Bewegung vorzugsweise hervortritt, jenachdem der Kehlkopf dabei hoch oder tief steht, der Kopf gehoben oder gesenkt, der Mund weiter oder enger gemacht wird. Im Allgemeinen ist die Mundöffnung beim Timbre clair und den damit verwandten kunstwidrigen Tonfärbungen breit und weit, beim Timbre obscur und dessen Varietäten schmal und eng. Ueberhaupt vermehrt sich die dunkele Färbung der Stimme durch alles, wodurch die tönenden Wellen an ihrem Fortgang oder Ausgang behindert werden, z. B. wenn die Zungenspitze gehoben oder die Lippen einander zu sehr genähert werden, wenn die Mandeln ein zu grosses Volumen haben, wenn die Organe des weichen Gaumens in Folge leichter katarrhaler oder rheumatischer Reizung angeschwollen sind, wenn sich zähe Schleimmassen in der Pars nasalis des Fangrohrs befinden u. s. w. Unter diesen Umständen ist es nach Garcia schwierig, die Kopfstimme zu bilden; nach meinen Erfahrungen sprechen dann auch die tiefsten Brusttöne nicht mehr gut an.

Wir haben nun noch über die organischen und physiologischen Bedingungen einer normalen, von jedem unschönen Timbre freien Tonbildung, so weit dieselbe im Mundkanale bewirkt wird, zu sprechen. Ein tönender Luftstrom wird die vollkommenste Klangwirkung, deren er fähig ist, dann erzielen, wenn seine Strahlen in einen Raum geführt werden, in welchem dieselben in den einfachsten Verhältnissen so zurückgeworfen werden, dass sie mit dem in Konsonanz versetzten Luftinhalte dieses Raumes verstärkt, und in einen die anfängliche Dicke nicht zu sehr überschreitenden Strom wieder gesammelt, in möglichst gerader Richtung dem Ohre des Hörers zugeführt werden, ohne dass derselbe durch Zurückbeugungen und Interferenzen vorher in seinem Fortschreiten gehemmt wird. Ist ausser diesem Raume noch ein zweiter Nebenraum vorhanden, in welchem sich die seitlich divergirenden Strahlen einbeugen und in verschiedener Richtung ausbreiten und zerstreuen können, bevor sie, nach ihrer Wiedervereinigung zum Ohre des Hörers gelangen, so wird dieser Umstand zum schönen Timbre des Tones wesentlich beitragen. Nur muss dafür gesorgt werden, dass dem Hauptstrome durch diesen Nebenstrom weder zu viel, noch zu wenig entzogen wird, dass also die Scheidewand, welche zwischen beiden Strömen existirt, immer in die für die Erreichung der besten Klangwirkung günstigste Stellung gebracht wird. Nehmen wir zunächst den am vollständigsten klingenden

menschlichen Stimmton **A**. Hier werden die aus der trichterförmig (durch den Kehldeckel) ausgeschweiften Kehlkopfsöffnung ausfahrenden tönenden Luftstrahlen theils gerade aufwärts gegen das Zäpfchen und in die Pars nasalis (*a b*) geführt, theils mehr oder weniger divergirend auf die Hinterwand der Pars isthmica (*d*) aufgeworfen, von welcher sie unter demselben Winkel zurückgeworfen werden, um dadurch in die Mundhöhle geführt zu werden. Doch ist es bei der Enge des Isthmus ein verhälnissmässig kleinerer Theil, welcher direkt oder durch Beugung den Isthmus faucium passirt, und so in die Nebenräume, in die Pars nasalis des Fangrohrs, in die Nasenhöhlen und deren Nebenhöhlen gelangt. Bei den Vokalen **E** und **I** beträgt dieser Theil mehr. Durch die Ablenkung, welche die direkt aufwärts gehenden oder die auf der Hinterwand des Ansatzrohrs auffallenden Luftstrahlen durch die von derselben reflektirten erleiden, wird die geradlinige Bewegung (und Durchkreuzung) jener in eine krummlinige verwandelt, die der Richtung der Wandungen des Ansatzrohrs so ziemlich parallel geht. S. Fig. 158. Der Bau der Mundhöhle ist nämlich ein solcher, dass dadurch die einmal eingeleitete krummlinige Fortschreitung der direkt oder durch einfache Zurückwerfung eingeführten Schallwellen in sehr vollkommener Weise gefördert wird. Die Schallwellen haben dann vollkommen Raum, sich auszubreiten, ohne unter sich in weitere Interferenzen oder Durchkreuzungen zu gerathen: erst an den vordern Alveolarfortsätzen und der vordern Zahnreihe (*k l*) angelangt wird ein Theil derselben zurückgebeugt, um wieder in den Hauptstrom zu gelangen und denselben auf seine gehörige Tension zurückzubringen. Alle dergleichen Zurückbeugungen in der Kehlkopf-, Rachen- und Mundhöhle geschehen, wie in Fig. 159 gezeigt ist, in parabolischer Richtung. Indem nämlich die einzelnen an den festen Wänden dieser Höhlen reflektirten Luftstrahlen nach der Reflexion an ihrer geradlinigten, bei weiterem Fortgang zur Durchkreuzung führenden Bewegung durch die in der Mitte der Mundhöhle geradlinigt ausfahrenden Lufttheile getroffen gehindert werden, ändert sich ihre Richtung suk-

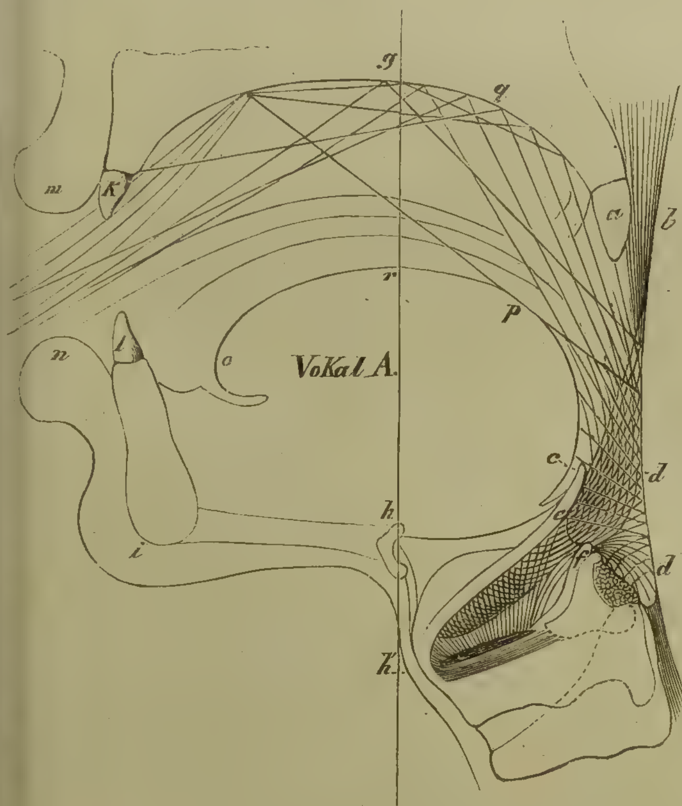


Fig. 159.

cessiv ebenso in eine parabolische um, wie ein schief in die Höhe geworfener Körper, und es fallen dann sämmtliche reflektirte Luftstrahlen mit den nicht reflektirten in paralleler Richtung zur Mundöffnung heraus. Diese Mundöffnung (*m n*) ist gross genug, um sämmtliche Wellenstrahlen nach ihrer Reflexion und Beugung ohne neue Hemmung durchfallen zu lassen. Schon in der Gegend der Mitte der Zunge, also bereits in der vordern Abtheilung der Mundhöhle würde eine, den Klangeffekt störende Durchkreuzung der in der hintern Abtheilung derselben reflektirten Wellen, und auf diese Weise eine Art Brennlinie sich bilden, die sich bis zum Centrum der Mundöffnung fortsetzen würde, wenn nicht die vorhin erwähnte (parabolische) Umbeugung der Lufttheilchen in dieser Gegend zu Stande käme. Dafür koncentriren sich in der Mitte der Mundöffnung selbst die wieder in parallele Richtung zu einander gebrachten Luftstrahlen, und es erlangt daher hier der Ton seinen grössten Klangeffekt. Stellt sich aber der Gaumenvorhang zu tief, oder hebt sich der hintere Theil der Zunge der Uvula zu weit entgegen, oder ist der harte Gaumen in der Gegend *q* zu tief ausgehöhlt, oder werden die Lippen einander zu sehr genähert oder zu weit über die Zähne gezogen, so wird die Klangwirkung alterirt, weil durch diese Hindernisse neue Brechungsverhältnisse eintreten, anderer hier noch möglichen in ähnlicher Weise störend einwirkenden Verhältnisse nicht zu gedenken. Wir kommen bei der Vokalbildung darauf zurück.

b. Stimmgattungen und Stimmlagen.

Bei der Bestimmung derselben müssen wir, wie sich wohl von selbst versteht, von den mittlern, auf und um den phonischen Nullpunkt liegenden Tönen ausgehen. Die Tonstufe dieser Töne ist nach der Individualität des Stimmorgans verschieden, und es beruhen ja bekanntlich auf dieser Verschiedenheit die verschiedenen als Sopran, Alt, Tenor, Bass u. s. w. getrennten Stimmgattungen oder Stimmlagen der Individuen, Diese Unterschiede der Stimmlagen hängen zunächst ab von den durch die Altersstufe und andere körperliche Dispositionen bedingten Dimensionen der Stimmbänder, besonders von der Längendimension derselben. Bereits im anatomischen Theile habe ich mehrere von mir und Andern gemachte Messungen der Länge von Stimmbändern verschiedener Individuen mitgetheilt. Vergl. die Tabelle S. 170 ff. Die S. 557 citirten Angaben Harless' verschiedener Stimmbänderlängen sind nicht als normaler Typus zu betrachten, denn ich fand die Stimmbänder eines sehr alten Mannes, der Nachtwächter gewesen war, nur $5\frac{1}{2}'''$ lang $= 12\frac{3}{8}$ Millim. Indessen sind die andern Dimensionen auch wohl zu berücksichtigen, wenn wir erwägen, dass bei einer und derselben Länge und bei gleicher Spannung ein dickeres elastisches Band einen tiefern Ton geben muss, als ein dünneres. Sonst liesse sich auch nicht wohl erklären, warum Gruber die Stimmbänder eines Kastraten, dessen Stimmlage doch etwa eine ganze Oktave über der mittlern Stimmlage eines normal entwickelten Mannes steht, $6'''$ lang gefunden hat, während ich dieselbe Länge an mehrern Stimmbändern erwachsener Nichtkastraten gefunden habe; warum ferner die Stimmbänder kleiner Kinder so unverhältnissmässig kurz sind ($1\frac{1}{2}$ bis $3'''$), obgleich ihre Stimmlage wenig von der einer erwachsenen Frau mit Stimmbändern von etwa $5'''$ Länge abweicht. Demnach müssen, was auch die Erfahrung bestätigt, die Stimmbänder der Kastraten, ebenso die der alten Leute, die Harless untersuchte.

bedeutend dünner, die Stimmbänder kleiner Kinder dagegen bedeutend dicker sein in Verhältniss zu ihrer Länge. Endlich wird die mittlere Stimmlage eines Individuums auch noch bestimmt durch den mittlern Spannungsgrad oder Elasticitätsmodulus seiner Stimmbänder. Straff gespannte Stimmbänder müssen caeteris paribus einen höhern phonischen Nullpunkt besitzen, als schlaffere, und offenbar beruht gerade auf diesem Unterschied hauptsächlich die Abweichung der verschiedenen Stimmlagen, wie sie sich bei Männern als Tenor, Baryton und Bass, bei Frauen als Sopran, Mezzo-Sopran und Alt darstellen. Wenigstens ist man berechtigt, neben geringerer Länge die stärkere mittlere Spannung der Stimmbänder als mechanische Ursache der höhern Tonlage eines Sängers oder einer Sängerinn dann anzunehmen, wenn der Stimmumfang des- oder derselben ein geringerer ist, als man sonst erwarten könnte, und wenn das Timbre der betreffenden Stimme ein auffallend scharfes, helles, wenn ferner das Organ leicht reizbar und zu Heiserkeit geneigt ist.

Der Stimmumfang eines Individuums, zunächst der Bruststimme desselben, hängt vor Allen von der Ausdehnungsfähigkeit der Stimmbänder, sodann von der Beschaffenheit und Fungirfähigkeit der ausdehnenden und relaxirenden Muskeln ab Im Allgemeinen können wir annehmen, dass gut organisirte Stimmbänder eines Erwachsenen von ihrer grössten Verkürzung an bis zu ihrer grössten Ausdehnung von 2 bis auf 3 Länge zunehmen und dabei einen Stimmumfang von 2 Oktaven entwickeln können. Nehmen wir für eine gewöhnliche, mässig tiefe Männerstimme die Stimmbänderlänge auf dem Nullpunkt = 7''', die grösste Relaxation derselben = 6''', so beträgt die grösste Ausdehnung derselben 9''', und es vermögen innerhalb dieses Betrags von 3''' die beiden Oktaven F — f^1 erzeugt werden, so dass auf 1''' Spielraum 5 Töne der Scala kommen. Aus dieser sehr einfachen Rechnung geht hervor, dass Stimmbänder, die auf ihrem Nullpunkt nur 6''' lang sind, bei sonst gleicher Beschaffenheit sich etwa bis auf $5\frac{1}{4}$''' verkürzen und bis auf $7\frac{7}{8}$''' verlängern können, dabei auf eine Tonhöhe gelangen werden, welche bedeutender sein wird, als die vorige. Auf folgende Weise lässt sich dieselbe mit Wahrscheinlichkeit berechnen. Wenn eine Glottis auf ihrem Relaxationszustand von der Grösse = 6''' den Ton F giebt, so wird eine andere Glottis bei Relaxationszustand von $5\frac{1}{4}$''' so ziemlich den Ton A angeben. Nehmen wir nun davon die zweithöhere Oktave, so erhalten wir als höchsten Brustton, den dies Individuum bei $7\frac{7}{8}$''' Bänderlänge zu erzeugen fähig ist, = a^1. Stimmbänder ferner, die auf ihrem Nullpunkt 5''' lang sind, würden sich relaxando bis auf $4\frac{2}{7}$''' verkürzen und durch Zug bis auf $6\frac{3}{7}$''' kommen. $4\frac{2}{7}$''' laxes Stimmband entspricht etwa dem Tone c, $6\frac{3}{7}$''' also dem Tone c^2. Desgleichen 4''' lange Stimmbänder würden bei Relaxationslänge von $3\frac{3}{7}$ etwa den Ton e, und bei grösster Spannungslänge von $5\frac{2}{7}$ den Ton e^2 geben. Da nun aber die Erfahrung lehrt, dass Stimmbänder, die auf ihrem Nullpunkt sogar 5''' lang sind, während des Lebens den Umfang einer Sopranstimme besassen, dagegen Stimmbänder von 4''' mittler Länge die Stimmlage des Altes zeigen können, so folgt, dass wir neben der Längendimension auch auf die Dicke und den mittlern Spannungsgrad der Bänder gebührende Rücksicht zu nehmen haben. In der That waren jene nur 4''' langen Alt-Stimmbänder sehr dünn, die 5''' langen Sopranstimmbänder dagegen verhältnissmässig dick. Dieselben Unterschiede habe ich an männlichen Kehlköpfen beobachtet. Die Stimmbänder des schon früher erwähn-

ten Tenorsängers, der, wie ich weiss, oft a¹ mit Bruststimme gesungen hat, fand ich 6‴ lang, was mit der vorigen Berechnung genau übereinstimmt. Im Allgemeinen sind die Stimmbänder hoher Tenoristen und Sopranistinnen verhältnissmässig dünner, wenn auch nicht schmäler, als die der Bassisten und Altistinnen; überhaupt nimmt bei Erwachsenen die Dimension der Dicke mit der der Länge ab, was sich wohl auch eigentlich von selbst versteht. Aus diesem Grunde muss aber auch ein Stimmband von 4‴ Länge einer Stimmlage angehören, die höher ist, als nach obiger Rechnung zu erwarten ist, und wir werden wenig irren, wenn wir die Stimmlage von 4‴ langen Bändern 1 volle Oktave höher setzen, als die von 6‴ langen. Bei kleinen Kindern dagegen, wo die Stimmbänder oft nur $1\frac{1}{2}$‴ lang sind, muss natürlich die Dimension der Dicke und Breite verhältnissmässig sehr gross sein. — Bei den vorigen Berechnungen haben wir den Stimmumfang schlechthin für eine Verlängerungsfähigkeit der möglichst relaxirten Stimmbänder um die Hälfte ihrer Länge (was so ziemlich mit Harless' Angabe, dass die Stimmbänder von ihrem Indifferenzzustand aus um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge sich auszudehnen fähig sind, übereinstimmt) angenommen. Indessen kommen jedenfalls hier viel Abweichungen vor. Angenommen auch, dass jedes gute Stimmband sich in dem angegebenem Betrage auszudehnen fähig ist, so werden doch jedenfalls die Kräfte, die zu dieser Ausdehnung erforderlich sind, bei verschiedenen Stimmbändern ein verschiedenes Maass zeigen, so dass gewiss Fälle vorkommen, wo die Träger dieser Kräfte, die Muskeln, entweder nicht ganz ausreichen, diese Dehnung vollständig zu bewirken, oder wo sie zu diesem Zwecke mehr als genügen, wofern nur die Bänder eine ausgiebigere Dehnung zulassen. Ausserdem ist es ja die Längenspannung nicht allein, was den Stimmumfang bedingt, sondern die seitliche Spannung der Bänder und einige andere Momente haben auch ihren Antheil daran, wie wir im Folgenden näher betrachten werden.

c. Tonbildung im Besondern, zunächst Toneinsatz.

Wir haben bereits früher (S. 592) gesehen, dass man einen Ton auf verschiedene Weise „einsetzen" kann, scharf markirt, bestimmt oder schwach, verwischt, mit Hauchlaut, oder, um in der Sprache der Grammatiker zu reden, mit Spiritus lenis oder Spiritus asper. Ebenso lässt sich ein begonnener Ton scharf abbrechen, gleichsam abschneiden; oder man kann ihn ohne irgend einen in die Stimme fallenden Vorgang aufhören oder in einen andern Ton übergehen lassen. Wir nehmen schon vorläufig an, dass dieser scharfe Toneinsatz oder Tonabsatz mittels des Glottisschlusses bewirkt werde, während im andern Falle die Glottis geöffnet bleibe. Es fragt sich nun, ob diese Annahme richtig ist, oder ob die Unterbrechung des Exspirationsstroms nicht vielmehr durch Deckung des Kehlkopfs mittels der Epiglottis zu Stande komme. Wäre Letzteres der Fall, so müsste sich für jeden Toneinsatz der Kehlkopf bedeutend heben, auch die Zungenwurzel sich rückwärts ziehen, was jedoch nicht geschieht, denn man kann einen Ton bei jedem beliebigen Kehlkopfstande einsetzen; auch bleibt, wenn man einen Ton (z. B. A) auf dem statischen oder phonischen Nullpunkt einsetzt, das Zungenbein unverrückt stehen, während nur der Schildknorpel etwas auf- und vorwärtsrückt, die Excisurfläche sich etwas wölbt, und der Vereinigungswinkel ein wenig spitzer wird. Demnach dürfen wir wohl bei unserer erstern Ansicht stehen bleiben, dass die beim scharfen Toneinsatz stattfindende Unterbre-

chung der Exspiration durch Verschluss der Glottis bewirkt wird; und es liegt uns jetzt nur noch ob, den Mechanismus dieses Glottisschlusses, als des ersten Moments jeder guten, tönenden Vokalisation auseinander zu setzen.

Die beim Glottisschluss betheiligten Organe sind passive und aktive. Passiv verhalten sich die Stimmbänder, soweit sie elastisch sind, so wie die Stimmfortsätze der Giesskannenknorpel und die diese Organe überziehende Schleimhaut. Aktiv sind die einzelnen Partien des Schliessmuskelapparats der Glottis nebst den von aussen her die Schildknorpelflügel komprimirenden Hülfsmuskeln (M. thyreopharyngeus, M. sternothyreoideus), so wie die zwischen diese beiden Muskeln geklemmte Schilddrüse. Man kann diese aktiven Schliessorgane auch in direkt und in indirekt komprimirende unterscheiden. Zu erstern gehört der M. ary-arytaenoideus, M. crico-arytaenoideus lateralis und die äussern Hülfsmuskeln; zu letztern lediglich die Strata des Thyreo-arytaenoideus.

Diese Muskelthätigkeiten treten nun so zusammen, dass sich die beiden Schneppenknorpel nach dem Fig. 39 B angegebenen Mechanismus zusammenlegen, dadurch die Glottis cartilaginea luftdicht geschlossen wird, und dass die Stimmbänder, welche bisher etwas konkav oder ausgeschweift waren, vollkommen gerade werden und dadurch einander bis zur Berührung entgegen kommen. Je mehr sich nun gleichzeitig der Stimmbandmuskel verkürzt und dadurch verdickt, in desto grösserer Tiefe treten die Zonen der innern Stimmbandfläche bei diesem Glottisschlusse zusammen.

Ausser diesen Organen ist zum Glottisschluss noch wesentliche Bedingung: Mangel oder ein Minus an Spannung der unter der Glottis befindlichen Luftsäule der Druckkraft der genannten Muskeln gegenüber.

Wir können nun wohl annehmen, dass für die gewöhnlichen Fälle des Brusttonregisters, wo der Ton *p* oder *mf* gegeben werden soll, wo also die Windrohrluft nicht sonderlich gespannt ist, die Glottis schon fest genug geschlossen ist, sobald die direkt komprimirenden Schliessmuskeln in angemessene Thätigkeit treten, und gleichzeitig die Fasern des Stimmbandmuskels durch Innervation gerade werden, was dieselben allerdings im Indifferenzzustande noch nicht sind. Auch beim Falset unterbleibt, wie wir später noch genauer erörtern werden, dieses Geradewerden, weshalb hier ein fester Glottisschluss gar nicht möglich ist. Soll dagegen ein Brustton mit stärkerer Lufttension eingesetzt werden, so müssen allerdings wohl sämmtliche Schliess- und Kompressionsmuskeln in erhöhtere Thätigkeit treten, wobei auch eine entsprechende Verkürzung der Stimmbänder nicht umgangen werden kann.

Im Uebrigen ist der Glottisschluss von der nach der Schwingungszahl des beabsichtigten Tons verschiedenen Längenspannung der Stimmbänder unabhängig, d. h. es können sowohl tiefe als auch hohe Töne fest und scharf eingesetzt werden, ohne dass der Mechanismus des dazu nöthigen Glottisschlusses durch diesen Stufenunterschied besondere Modifikationen erleiden müsste. Gewiss ist jedoch, dass sich die mittlern (mässig hohen und tiefen) Töne mit grösserer Energie einsetzen lassen, als die höchsten und tiefsten; auch kommt es mir vor, als ob beim Timbre obscur leichter aus den Glottisschluss in die Tonschwingungen übergegangen werden könne, als beim Timbre clair. Beim Timbre obscur, d. h. bei tieferem Kehlkopfstand, steht die Luftsäule des Windrohrs unter einem höhern Drucke, als bei hohem Kehlkopfstand. Es muss daher bei ersterem auch der Glottisschluss ein fes-

terer sein, als bei letzterem, und dabei, wie schon erwähnt, eine gewisse Verkürzung der Stimmbandkörper stattfinden, was, wie uns weiter unten noch klarer werden wird, die Vertiefung des Tons begünstigt. In der That lehrt die Beobachtung, dass sich tiefere, gleichviel, mit welchem Timbre zu gebende Töne leichter rein einsetzen lassen, als hohe mit Timbre obscur zu gebende, bei deren Einsatz in der Regel ein tieferer Anlaut dem beabsichtigten Tone vorausgeht. Es müssen sich also bei Aufhebung des (für gewöhnlich nur momentanen) Glottisschlusses, beim Oeffnen der Stimmritze, die Organe rasch in die der gewünschten Tonstufe zukommenden mechanischen Verhältnisse umstimmen, oder in die Höhe ziehen. Betrachten wir den Mechanismus jenes Ueberganges oder Ueberzugs näher, so finden wir erstlich, dass behufs der Etablirung der Tonschwingungen die Tension der Windrohrluft mittels des neu zu bewirkenden Exspirationsdrucks etwa in gleichem Maasse steigen, als die Zusammenziehung und der Gegendruck der Schliessmuskeln der Glottis abnehmen muss. Zu dieser Herstellung der neuen Verhältnisse bedarf es einer gewissen Zeit. Die während derselben stattfindenden Tonschwingungen können schon deshalb noch nicht die beabsichtigte Schnelligkeit haben, weil erst zu Ende dieses Zeitmoments die Tension der Anspruchsluftsäule in das zur (durch Aktion des M. cricothyreoid. zu regulirenden) Spannung der Stimmbänder erforderliche Verhältniss tritt. Ausserdem liegen die beiden Stimmbänder während des Glottisschlusses in der Regel, besonders beim Timbre obscur, in grösserer Breite gegeneinander, als diejenige austrägt, mit welcher sie nach Ablauf jenes Zeitmoments ihre Transversalschwingungen ausführen. Wir haben im vorigen Abschnitt (Versuche am todten Kehlkopf, S. 530) gesehen, dass mit Abnahme dieser Breite oder Tiefe der schwingenden Stimmbandzone der Ton sich erhöht.

Diese Umstimmung erfordert, wenn sie unhörbar, d. h. ohne einen den beabsichtigten Ton vorauslautenden tiefern Ton vor sich gehen soll, eine gewisse Kunst, besonders für die hohen Töne. Diese Kunst besteht darin, die zum Glottisschluss erforderliche Einstellung der Bänder rasch genug, und zwar eher loszulassen und in die dem beabsichtigten Ton zugehörige überzuführen, bevor die Bänder in tönende Schwingungen gerathen. Geschieht dieser Uebergang nicht rasch genug, so zeigt der Ton bei seinem Einsatz auf einen kurzen Moment eine mehr oder weniger tiefere Schwingungszahl, als ihm zukommt. Manche Sänger befleissigen sich principiell dieser Kunst gar nicht, und setzen daher jeden Ton, auch die hohen Töne, tief, auf der dem Mechanismus des Glottisschlusses entsprechenden Tonstufe ein, die sie dann mit raschem Portamento in die des beabsichtigten Tones aufwärts ziehen. Beim Timbre clair werden in der Regel die Stimmbänder schon beim Glottisschluss dem beabsichtigten Tone gemäss in die Länge gespannt, es gelingt daher die Reinheit des Toneinsatzes hier besser und leichter; aber der Glottisschluss selbst ist hier wegen der stärkern Längenspannung der Stimmbänder etwas schwerer zu bewirken, wenigstens gelingen die hohen Töne, die mit Timbre obscur ganz schön gegeben werden können, selten mit einem guten, reinem Klange und mit guter, gleichmässiger Haltung, aus welchem Grunde auch für Tonstücke, die mit diesem Timbre vorgetragen werden sollen und viele Anfangsvokale darbieten, alle eine mittlere Höhe überschreitenden Noten vermieden werden müssen. Von einem tiefen Toneinsatze ist also hier in der Regel nichts zu spüren. Anders verhält es sich mit den Fisteltönen. Hier ist die Sache am schwierigsten, und zwar deshalb,

weil hier die Glottis, wie wir bald genauer untersuchen werden, bei dem Toneinsatz gar nicht fest geschlossen werden kann, und auch während des Tones auf einer verhältnissmässig grösseren phonischen Weite beharrt. Man sucht daher hier den festen, markirten Toneinsatz, als etwas Unschönes, geradezu zu vermeiden, und die Töne nur mit halbem (halbfestem) Glottisschluss einzusetzen, wo die Aktion des Strat. thyreo-arytaen. externum sich auf ein gewisses Minus beschränkt oder durch einen andern Muskel vertreten wird; wobei man jedoch sich zu hüten hat, dass nicht aus dem Spiritus lenis ein asper werde, d. h. dass der ganze Glottisschluss unterbleibe. Das Auffallende bei dem scharfen Einsatz der Fisteltöne ist aber, dass jeder derselben, mag das Timbre clair oder obscur sein, mit einem (wohl kaum durch die Kunst zu vermeidenden) Vortone einsetzt, der in der Regel auf dem phonischen Nullpunkte des Falsetregisters liegt, für tiefere Töne also weniger, für hohe mehr von der Schwingungszahl des Haupttons abweicht. Beim Timbre obscur findet noch sehr gewöhnlich eine Verunreinigung des Falsettons durch einen Interferenz- oder Nebenton statt, der meist genau 1 Oktave tiefer liegt, während derselbe beim hellen Timbre seltener vorkommt und leichter vermeidbar ist. Dieser Nebenton ist aber vom Vortone verschieden, und nicht, wie ich früher glaubte, als ein Forthalten des Vortons zu betrachten. Wir kommen später auf diese Erscheinungen zurück. Was endlich das Strohbassregister anlangt, so verhält sich dies dem Falsetregister insofern gerade entgegengesetzt, als aus dem Glottisschluss direkt, d. h. ohne erhebliche Aenderung des Mechanismus in einen diesem Register angehörigen Ton übergegangen werden kann. Den Grund dieser Erscheinung werden wir später kennen lernen.

Der Kehlkopf steht oder stellt sich in der Regel schon vor dem Glottisschluss auf den Punkt, den er beim Beginn der Phonation selbst einnehmen soll. Der Kehlkopfstand ist also vom Glottisschluss unabhängig. Da wir im Folgenden über die Abstufung des Tones je nach Schwingungszahl, Grösse, Stärke und Intensität zu sprechen haben, und da der Kehlkopfstand bei allen diesen Modifikationen von Einfluss ist, so wollen wir vorläufig über die Bedeutung des Kehlkopfstandes Einiges bemerken, damit wir sodann mit um so grösserer Sicherheit angeben können, welche Wirkungen die Schwankungen des Kehlkopfsstands auf die Tonabstufung ausüben können.

Warum steigt der Kehlkopf bei Erhöhung der Tonstufe und warum sinkt er bei Vertiefung derselben, aber nur dann in merklichen Schritten, wenn die Töne *piano e leggieramente*, oder mit Timbre clair gegeben werden? Warum steht der Kehlkopf bei einer und derselben Tonstufe bald hoch, bald tief? In wie weit ist die Bewegung des Kehlkopfs dem Willen unterworfen, in wie weit von demselben unabhängig? Was ist die wesentliche Bedingung des Kehlkopfstandes? Wir wollen hier wenigstens den Anfang zur Beantwortung dieser Fragen machen, die Fortsetzung soll im nächsten Kapitel folgen.

So wie auf dem phonischen Nullpunkt beide Hauptstücke des elastischen Systems des Kehlkopfs, die beiden Stimmbänder und das Ligam. conicum sammt Zubehör im Gleichgewicht oder im gegenseitigen Indifferenzzustand sich befinden, so steht auch Windrohr und Ansatzrohr bei einem Tone, der zwischen dem statischen und phonischen Nullpunkt liegt, der keine besondere Modifikation der Lufttension erfordert, im Gleichgewicht, der Kehl-

kopf befindet sich auf einer mittlern Stelle, weder die Hebemuskeln noch die Senkmuskeln desselben gerathen in vorwiegende Thätigkeit. Sobald aber ein höherer oder ein tieferer, ein stärkerer oder schwächerer Ton gegeben werden soll, da wird das Gleichgewicht, nicht nur das innere, sondern auch das äussere, das zwischen Wind- und Ansatzrohr, gestört; der Kehlkopf steigt oder fällt über oder unter seinen Nullpunkt. Es sind aber die Veränderungen, welche im Kehlkopf vor sich gehen, theils Ursache theils Wirkung der die verschiedenen Tonphänomene begleitenden Ueber- und Unterschreitungen des Nullpunkts, wie wir jetzt etwas näher untersuchen wollen.

Wir unterschieden bereits früher den Kehlkopfstand als einen aërischen oder inspiratorischen, und als einen phonischen oder exspiratorischen. Der aërische wird bedingt durch die für eine beabsichtigte tönende Exspiration inspirando in die Lungen aufgenommene Luftmasse, und weiter, d. h. im Verlauf der tönenden Exspiration, durch die gerade vorhandene Quantität der für die noch zu leistenden Tonphänomene verfügbare Luft; der phonische hängt ab von der Menge der in einer gewissen Zeit durch die Glottis behufs eines bestimmten Tones streichenden Luft.

So gut wie beim Saugen, z. B. beim Ziehen an einer schwer gehenden Cigarre oder Tabakspfeife, der Kehlkopf herabgezogen wird, um im Ansatzrohr ein grösseres Vacuum zu schaffen, das durch das Saugen sich füllen soll, ebenso wird, wenn man eine Reihe Töne mit vollem Klange, mit Timbre obscur geben will, der Kehlkopf inspirando tief herabgezogen, damit das Ansatzrohr behufs der gewünschten volleren Resonanz gehörig verlängert werde. In diesem Falle hat der tiefe Kehlkopfstand zunächst mit der Schwingungszahl der beabsichtigten Töne nichts oder nur wenig zu schaffen, wohl aber mit dem Volumen, mit der Klangfülle derselben, weshalb sich auch während der hier erzeugten Töne der Kehlkopf von seiner zu Ende der Inspiration angenommenen Tieflage nur allmälig wieder hebt, und zwar in umgekehrtem Verhältniss zur Tonfülle, so dass zu Ende der phonischen Exspiration, wenn nur noch wenig Luft dazu verwendet werden kann, der Kehlkopf verhältnissmässig rasch wieder in die Höhe steigt.

In diesem Falle stehen zwei Luftmassen oder Luftsäulen einander gegenüber, die des Windrohrs und die des Ansatzrohrs. Die des Windrohrs wird in der Glottis in tönende Schwingungen verarbeitet, welche sich der Luftsäule des Ansatzrohrs mittheilen und dadurch dem Tone seine Klangfülle geben. So lange die Luftquelle (unter der Glottis) noch reichlich und ergiebig fliesst, ist auch der Ausflusskanal derselben, die Luftröhre mit ihrer Ausflussmündung, der Glottis, hinlänglich weit, es bleibt daher die Luftröhre verkürzt und dadurch der Kehlkopf auf seiner tiefen Stellung verharrend, und der Ton ist voll und kräftig: so bald aber die inspirirte Luft konsumirt ist, und die tönende Exspiration noch weiter fortgesetzt werden soll, da muss der Ausflusskanal nebst Ausflussmündung enger werden, um mit der noch vorhandenen Luft zu sparen. Zur Erzeugung dieser Verengung werden die Querfasern der Luftröhre gespannt. Schon dadurch wird sie ein wenig länger, als sie beim Zustand ihrer Erweiterung ist. Wo diese freiwillige Verlängerung noch nicht genügt, da wird dieselbe noch dadurch vermehrt, dass der Kehlkopf mehr oder weniger in die Höhe gezogen wird. Unter diesen Verhältnissen wird bei gleichzeitiger Verengung der Glottis der Ton kleiner, leerer, dünner, und es bedarf derselbe keines so grossen

und langen Resonanzraums, weshalb das Ansatzrohr kürzer und enger gemacht wird.

Demnach ist ein grosser Unterschied, ob ein Ton zu Anfang oder in der Mitte oder zu Ende einer Exspiration eingesetzt wird. Im erstern Falle steht der Kehlkopf caet. paribus tiefer, als im zweiten, und noch mehr, als im dritten Falle. Wir sehen auch jetzt ein, weshalb zu einer mit Timbre obscur zu gebenden Passage tiefer inspirirt, der Kehlkopf tiefer herabgezogen werden muss, als zu einer mit Timbre clair zu producirenden, weshalb eine mit ersterem Timbre nicht so lange mit einer und derselben Exspiration fortgesetzt werden kann, als eine mit Timbre clair, und weshalb zu Ende einer Exspiration tiefe Basstöne fast nur mit Strohbasstimbre erzeugt werden können: weil zu Tönen mit Timbre clair weniger Luft verwendet wird, und Strohbasstöne auch mit sehr geringem Luftvorrath noch sich produciren lassen.

Der phonische Kehlkopfstand, oder: der Kehlkopfstand, so weit er von den Eigenschaften des zu erzeugenden Tones abhängig ist, wird, wie wir bemerkten, bestimmt von der Menge der in einer gewissen Zeit durch die Glottis behufs des zu gebenden Tones streichenden Luft. Tiefe Töne erfordern (aus Gründen, die wir noch genauer erörtern werden) caet. par. zu ihrer Erzeugung eine grössere Menge Luft, als hohe, und eine grössere Menge tönender Luft erfordert einen grössern Resonanzraum als eine geringere: daher senkt sich der Kehlkopf bei der Tonvertiefung, und steigt bei der Tonerhöhung. Starke, volle Töne erfordern gleichfalls mehr Luft, als schwache, leere; daher steht bei gleicher Schwingungszahl für einen starken Ton der Kehlkopf tiefer, als für einen schwachen.

Dem Willen ist der Kehlkopfstand so lange unterworfen, man kann einen beabsichtigten Ton so lange mit dem gewünschten Maass von Kraft und Klangfülle, dem ein bestimmter Kehlkopfstand entspricht, ausführen, als dazu die erforderlichen Mittel, vor allem die hinlängliche Menge exspirirbarer Luft, vorhanden sind. Da man aber jeden Augenblick es in seiner Gewalt hat, durch eine neue Inspiration sich in den Besitz dieser Mittel zu setzen, so kann man wohl behaupten, dass der Kehlkopfstand, so weit er nicht von der Natur des beabsichtigten Tones mit Nothwendigkeit gefordert wird, der Willkühr des Individuums unterworfen ist. Die wesentliche Bedingung des Kehlkopfstands ist aber, die in gewisser Menge und mit einer gewissen Vis a tergo, also auch mit einer gewissen Schnelligkeit durch die hierzu mehr oder wenig geöffnete (in ihren Wandungen [Stimmbändern] gespannte) Glottis streichende Luftsäule.

So viel vorläufig über die Motive des Kehlkopfstandes, genauer werden wir in dieselben in den folgenden Kapiteln einzugehen Gelegenheit finden.

d. Tonabstufung, sowohl der Schwingungszahl als der Grösse und Stärke nach. Stimmregister.

Als tonabstufende Elemente haben wir bisher bei unsern Untersuchungen der künstlichen elastischen Bänder und des ausgeschnittenen Kehlkopfs folgende kennen gelernt. Der Ton wurde erhöht: 1) durch Längenausdehnung der Bänder; 2) durch Verkürzung derselben bei gleichbleibendem Spannungsgrade; 3) durch Verschmälerung der Bänder bei gleichbleibender Länge und Längenspannung; 4) durch Verschmälerung der schwingenden Breitenzone der Ränder bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen; 5) durch

Gegeneinanderrückung der Bänder, so dass aus den bisherigen durchlagenden Schwingungen um- oder überschlagende wurden; 6) durch Verstärkung der Tension der Anspruchsluft; 7) durch Verkürzung des Wind- oder Ansatzrohrs, wo ein solches vorhanden; 8) durch Anfügung eines kurzen Ansatzrohrs bei schon vorhandenem längerem Windrohre. Von diesen 8 Momenten wurden No. 1 — 6 sowohl von Kautschukbändern, als auch mit gewissen Modifikationen am todten Kehlkopf, No. 7 und 8 bisher nur an künstlichen Apparaten beobachtet. Ausserdem beobachten wir 9) am todten Kehlkopfe hohe Töne bei schwächerem Anspruch, wenn dabei die Glottiszonenschwingungen nicht zu Stande kamen. Der Ton wurde vertieft: 1) durch Längenabspannung der Bänder; 2) durch Verlängerung derselben bei gleichbleibender Längenspannung; 3) durch Verbreiterung der schwingenden Breitenzone der Bänder, wenn sie vorher schmal gewesen war; 4) durch Auseinanderrückung der Bänder mit Erweiterung der phonischen Glottis und Aenderung des Schwingungsmechanismus; 5) durch Verbreiterung und Vertiefung der Glottiswandungen; 6) durch Abschwächung der Lufttension; 7) durch Erzeugung auf- und einschlagender Schwingungen, wenn die bisherigen durch- oder überschlagende waren; 8) durch Verlängerung des Wind- oder Ansatzrohrs; 9) durch Verstärkung des Anblasens, wenn vorher Lufttöne (bei mangelnden Zungenschwingungen) erschienen waren. Von diesen 9 Momenten wurden No. 1 – 6 und 9 am todten Kehlkopf, No. 1 — 4 und No. 7, 8 an den künstlichen Apparaten beobachtet, während No. 6 an letztern häufiger tonerhöhend, als vertiefend wirkte. In wieweit nun die bisher beobachteten tonabstufenden Momente auf das lebende Stimmorgan Anwendung finden können, durch welche Mechanismen dieselben hier realisirt werden, und ob hier nicht auch andere Einflüsse mitwirken, soll der Gegenstand der gegenwärtigen Untersuchung sein, die natürlich zunächst sich an unsere letztern Beobachtungen anknüpfen, sodann mit den Ergebnissen unserer anatomischen und akustischen Untersuchungen in Uebereinstimmung gebracht werden muss.

Da nun die meisten auf die Tonabstufungen abzweckenden Bewegungen und Form- und Raumveränderungen durch Muskelthätigkeit bewirkt werden, so erlaube ich mir, dem Leser, damit er den jetzt anzustellenden Untersuchungen um so leichter folgen könne, einige die Muskelthätigkeit überhaupt betreffende physiologische, zumeist der klassischen Abhandlung E. Weber's entlehnte Lehrsätze (die sich zum Theil an die früher gegebenen Bemerkungen über Elasticität [S. 115] anschliessen) ins Gedächtniss zurückzurufen, dabei aber auch einige bisher übersehene Verhältnisse zu erörtern.

Während das elastische Gewebe nur kontraktive (richtiger kontrahirende) Elasticität besitzt, während es nach seiner Ausdehnung durch ziehende Kräfte (z. B. das Stimmband nach seiner Verlängerung durch Wirkung des M. cricothyreoideus) seinen vorigen kleinern Raum wieder einzunehmen, sich zu verkürzen strebt, besitzt das lebende Muskelgewebe ausser einem ziemlichen Maasse vollkommener und umfänglicher kontraktiver Elasticität auch ein gewisses Maass expansiver Elasticität, welche sich jedoch nicht bloss, wie bei andern expansiv-elastischen Körpern, in Folge einer von aussen einwirkenden Kompression geltend macht, sondern hauptsächlich dann in Kraft tritt, wenn der Muskel sich durch die ihm neben der Elasticität eigenthümliche organische Kontraktilität verkürzt hatte, und nun, nach

Wegnahme des Reizes, der diese Verkürzung hervorgerufen, wieder zu seinem Gleichgewichtszustand zurückkehrt. Wir haben also hier zwei Kräfte wohl von einander zu unterscheiden. Die (rein physikale) elastische Kraft des Muskels, d. h. die Aeusserung des Grades von (bald kontrahirender, bald expandirender) Elasticität, welche die kleinsten Theile des Muskels in einer bestimmten Lage erhält und die einmal angenommene Stellung desselben unter allen Verhältnissen zu bewahren oder wieder zu erlangen strebt; und die (organische, vom Nerveneinfluss abhängige) Kontraktion desselben, welche die Atome in bestimmter Weise zu verrücken (einander zu nähern) und die Masse selbst kürzer und breiter zu machen strebt. Beide Kräfte wirken einander entgegen und ergänzen sich gegenseitig. Eine gewisse Menge der erstern muss der andern immer das Gleichgewicht halten.

Diese Kontraktion ist die eigentliche Lebensthätigkeit der Muskeln. Sie wird durch äussere Reize, die mittels der Nerven aufgenommen und zugeleitet werden, hervorgerufen. Für die meisten Kontraktionsphänomene, namentlich für die bei der Phonation stattfindenden, ist der Wille dieser Reiz, ausserdem kann die Kontraktion durch Reflex vom Rückenmark aus, oder durch specielle Reizung der betreffenden Nerven hervorgerufen werden.

Ausser dieser animalen, mittels der Nerven vermittelten und daher auch nur während des lebenskräftigen Zustands des Muskels bestehenden Kontraktilität, die von Schiff*) die neuromuskuläre genannt wird, besitzen die Muskeln noch eine von ihren Nerven unabhängige, von Haller entdeckte Reizbarkeit, welche durch direkten mechanischen Kontakt oder durch Reizung von Imponderabilien (Licht, Elektricität) in Wirksamkeit tritt. Schiff nennt sie die idiomuskuläre Kontraktilität. Die hier stattfindende Zusammenziehung entspricht der Ausdehnung des Reizes: nur der direkt getroffene Theil kontrahirt sich. Am reinsten tritt dieser Vorgang bei todten nicht mehr sensibeln Muskeln auf; im Leben ist er mit der neuromuskulären Kontraktilität verbunden, lässt sich aber auch, besonders durch lokale Faradisation (eine besondere Art der Elektrisirung) isolirt zur Erscheinung bringen, und man hat hierdurch ein Mittel erhalten, die einzelnen Muskelbäuche und Muskelbündel, jedes für sich, anschwellen zu lassen **).

Bei jeder Kontraktion ändert sich der absolute Rauminhalt des Muskels fast gar nicht, er wird also dabei nicht oder nur sehr wenig dichter und härter, aber die Fasern des Muskels werden um so dicker, je kürzer sie werden. Dabei tritt die Kompressionselasticität der Muskeln, deren Axe quer durch den Muskel, besonders durch dessen mittlere Portion geht, stärker hervor. Diese Aeusserung der Elasticität ist mit der Biegungs- oder Federelasticität, über die wir bereits früher gesprochen haben, und welche z. B. neben der Dehnungselasticität an den gespannten elastischen Saiten beobachtet wird, verwandt. So wie eine gespannte Darmsaite einem Seitendrucke, der auf sie einwirkt, z. B. dem Finger, der sie aus ihrer geraden Lage ab-

---

*) Ueber animale Muskelkontraktion, in Froriep's Tagesberichten. 1851.

**) Duchenne in verschiedenen, die elektrischen Einflüsse auf die Muskelbewegung erörternden Schriften; s. H. E. Richter's Bericht darüber in Schmidt's Jahrbb. f. Medicin. Bd. 80, S. 258 ff.

ziehen und in eine Kurve verwandeln will, einen um so grössern Widerstand entgegensetzt, je stärker sie gespannt ist, ebenso wird ein Muskel dem Finger, der ihn eindrücken will, um so mehr widerstehen, je grösser seine Spannung, je mehr er aktiv verkürzt ist. Demnach wird durch die Kontraktion zwar der longitudinale Elasticitätsmodulus eines Muskels nicht erhöht, wohl aber der transversale; der Muskel wird fester, renitenter, am meisten, wenn er bei der Kontraktion sehr viel leisten (ziehen, heben u. dergl.) soll, und sich daher nur sehr wenig verkürzen kann.

Die Last, welche den Muskel eben so weit dehnt, als ihn seine (organische, aktive) Verkürzung zusammenzieht, entspricht seiner Gleichgewichtskraft. Der M. vocalis wird im Gleichgewichtszustand vom M. cricothyreoideus mit einer Kraft gedehnt erhalten, die Harless auf Grund seiner Versuche (S. 595) für beide Stimmbänder auf 253 Gm. geschätzt hat. Erst nach Wegnahme dieser Kraft vermag sich der Muskel auf sein Minimum (richtiger Brevissimum) zusammenzuziehen. Die höchste Kraft, die einen Muskel noch spannt, ohne dass sein Continuum gestört wird, heisst seine Maximalkraft, das dazu erforderliche Gewicht das Maximalgewicht. Der Betrag dieser Kraft, den man auch den Nutzeffekt des Muskels nennt, ist dem Produkt aus dem Kraftgewicht und der Verkürzungsgrösse proportional *). Innerhalb dieser beiden Grenzen, die den Elasticitätsgrenzen (S. 117) analog sind, vermag der Muskel seine mechanischen Leistungen zu vollziehen, wobei wir Folgendes zu bemerken haben.

Am meisten wird sich auf einen Reiz ein Muskel verkürzen, wie eben erwähnt wurde, wenn er gar nichts zu ziehen hat, wenn demnach auch die Kraft, die ihn im Gleichgewicht (zu den andern Muskeln, mit den er in Synergie steht) hält, beseitigt ist. So wird sich der M. vocalis verhältnissmässig am meisten verkürzen können, wenn sein Antagonist, der M. cricothyreoideus, möglichst erschlafft ist. In maximo vermag sich ein Muskel bis auf 75—80% seiner Gleichgewichtslänge zu verkürzen. Dieses Maximum findet aber während des Lebens nie statt, weil hier das Gleichgewicht nur bis zu einer gewissen Grenze verrückt werden kann. Nach Weber**) kann sich ein Muskel im Leben höchstens um die Hälfte seiner Länge verkürzen, und wir haben schon früher (S. 159) gesehen, dass z. B. der Musc. vocalis sich höchstens bis zu einem Dritttheil seiner Normallänge verkürzt.

Sobald aber ein Muskel bei seiner Kontraktion zu arbeiten hat, sobald er eine gewisse Last dabei zu heben oder zu ziehen hat, da beträgt die Bahn, die das Ende desselben, an welchem die Last hängt, durchläuft, um so weniger, je mehr sich die Last der Maximallast nähert. Ist diese erreicht, so vermag der Muskel sich gar nicht mehr zu verkürzen, d. h. er beharrt auf seiner Maximallänge, die er, ohne in seinen anatomischen Verhältnissen gestört zu werden, annehmen kann. Es fällt demnach die grösste Verlängerung eines gesunden lebenden Muskels mit seiner geringsten Verkürzung zusammen.

Daraus folgt, dass ein Muskel, wenn er bisher nur wenig zu ziehen gehabt hat, verlängert werden muss, sobald er eine grössere Last zu be-

*) Vergl. hierüber, so wie über andere hierher gehörige Bestimmungen Valentins Handb. d. Physiologie II. §. 2717 ff. und E. Weber über die Muskelbewegung in Wagner's Handwörterb. d. Physiologie. 3. Bd.

**) Berichte der K. Sächs. Akademie der Wissenschaften 1851.

wältigen bekommt. Je grösser die Last, desto weniger, d. h. durch einen desto kürzern Raum vermag der Muskel sie von seinem Orte zu bewegen. Ein Muskel kann etwa 2000 bis 3000 mal so viel in maximo heben oder verrücken, als er selbst wiegt.

Wenn man während der Kontraktion eines Muskels auf einer zur Axe dieser Bewegung senkrechten Papierfläche einen am beweglichen Muskelende angebrachten Stift zeichnen lässt, so erhält man eine Parabel, deren Abscissen die Zeit, deren Ordinaten die Grösse der Bewegung anzeigen. Die längste Ordinate zeigt den absoluten Werth der Muskelverkürzung, die dazu gehörige Abscisse die dazu nöthige Zeit an, die übrigen Theile der Abscissenlinie das Zeitmaass der Expansion, das Verhältniss der Kontraktionsgrösse zur dazu erforderlichen Zeit, das der Kontraktions- und Expansionsdauer, und die während des Vorgangs stattfindende Veränderung der Muskelkraft. Die Muskelkontraktion ist also eine gleichmässig verlangsamte Bewegung, deren Geschwindigkeit mit vermehrter Belastung und zunehmender Ermüdung abnimmt.*)

Durch anhaltende, wiederholte Arbeit ermüdet der Muskel, d. h. er kann die Last, die er anfangs bis zu einer gewissen Höhe zog, nicht mehr so hoch ziehen, er kann sich also dabei nicht mehr so weit verkürzen, als vorher. Dabei wird er im Allgemeinen dehnbarer, giebt einem starken Zuge mehr nach, er verlängert sich, weil er weicher geworden ist, weil er an Elasticitätsgrösse (S. 117) verloren hat.

Ein ermüdeter Froschmuskel wird, magnet-elektrisch gereizt, durch ein Gewicht, das er heben sollte, verlängert, und nach Aufhören jener Reizung verkürzt er sich sofort wieder, und hebt das Gewicht (wenn es nicht zu schwer ist), weil nämlich während des Akts seiner Thätigkeit die Weichheit des Muskels so gross wurde, dass bei einer gewissen Belastung die Verkürzung nicht mehr zu Stande kommen konnte. Kleinere Gewichte dagegen vermögen einen ermüdeten Muskel nicht so weit auszudehnen, als einen kräftigen. Bei der ersten Reizung wurde nach E. Weber durch ein Gewicht von 25 Gm. ein und derselbe Muskel 6 mal so viel ausgedehnt, als bei der siebenten. — Im Uebrigen verlängern sich die Muskeln nur wenig bei ihren natürlichen Anheftungen und überschreiten dabei nie ihre Elasticitätsgrenze.

Im Anfange der Reizung verkürzt sich der Muskel, wie schon erwähnt, am stärksten. Nachdem diese Verkürzung ihr Maximum erreicht hat, beginnt der Muskel sich wieder vermöge seiner expandirenden Elasticität zu verlängern, bis er seine normale Länge erreicht hat. Der Uebergang von der grössten Verkürzung bis zur normalen Länge bei fortdauernder Reizung erfolgt aber so, dass die Verlängerung im ersten Zeitmoment nach der stärksten Verkürzung am grössten ist, und in jedem der folgenden gleichgrossen Momente immer kleiner wird.

Das Verhältniss der grössten Länge der Muskelfasern zu ihrer grössten im Leben stattfindenden Verkürzung ist etwa wie 2 : 1. Ein Muskel ist so lang, als seine Verkürzungsgrösse erheischt. Besonders lang ist er, wenn er über mehrere Gelenke gehen muss. Die Verkürzbarkeit der Muskeln ist aber, wie erwähnt, noch um etwa 35 % grösser; sie wird also bei den

---

*) Volkmann über das Zustandekommen der Muskelkontraktionen im Laufe der Zeit, in den Berichten der K. Sächs. Akademie der Wissenschaften 1851.

Skeletmuskeln niemals völlig in Anspruch genommen, damit für Kraftleistungen noch der nöthige Fond übrig bleibt *).

Im Leben können die Bewegungen der Muskeln mit einer bewundernswerthen Schnelligkeit hinter einander ausgeführt werden. In 2 Sekunden vermag Valentin angeblich, 45 Buchstaben auszuprechen; jedenfalls vermag eine geübte Sängerin in gleicher Zeit etwa ebenso viel Töne zu erzeugen.

Wenn der Wille den Reiz zur Thätigkeit abgiebt, so werden immer mehrere Muskeln auf einmal in Bewegung gesetzt. Zunächst ist jede willkührliche Muskelkontraktion eines Muskels stets von unwillkührlicher Kontraktion eines andern, des sogenannten Antagonisten, begleitet. Dieser Antagonismus bezweckt kein Bekämpfen, Aufheben oder Vermindern der Thätigkeit des zunächst gereizten Muskels, sondern es ist eine Hemmungsthätigkeit, die auf den vom wirkenden Muskel zu bewegenden Hebelarm gerichtet ist, und die Folge hat, dass der wirkende Muskel sich zwar nicht mehr so weit verkürzen kann, dafür aber eine um so grössere Energie entwickelt und mehr leistet, als ohne diesen (fälschlich, wie man jetzt einsieht, sogenannten) Antagonismus möglich ist.

Eine fortdauernde Spannung der Mukeln existirt nur in den Sphinkteren. Ueber deren Eigenschaften wird später die Rede sein. Sobald ein animaler Muskel nichts zu thun hat, sobald also seine organische Kontraktilität nicht in Anspruch genommen wird, dann treten die Gesetze der Trägheit und der Schwere der Massen in Verbindung mit dem Einflusse der Elasticität des Muskels hervor. Der Muskel folgt den äussern Einflüssen, dem Luftdruck, der Lage, welche seine Insertionspunkte annehmen, der Schwerkraft seiner eignen Moleküle, soweit diese Einflüsse stärker sind, als die Elasticität, welche seine Moleküle in einer gewissen gegenseitigen Lage zu erhalten strebt. Der Muskel befindet sich dann im Zustand der Ruhe, der Erschlaffung. Am ausgeprägtesten tritt dieser Zustand für die animalen Muskeln im Schlafe auf. Ob hier seine Insertionspunkte mehr oder weniger einander genähert sind, das ist ganz gleich: auch in verkürzter Stellung ist jetzt der Muskel erschlafft, leicht eindrück- und verschiebbar. Wird er in dieser Lage eingeschnitten oder sonst örtlich gereizt, so kontrahirt er sich nur, so lange der Reiz dauert und so weit er reicht. Der verkürzte Muskel, sagt Werner **), bleibt auch in der Ruhe verkürzt, weil er sich nicht von selbst extendiren kann. Das aber letzteres doch möglich ist, haben wir vorhin gesehen.

Gehen wir nun zu den Muskeln des Kehlkopfs, namentlich zum M. vocalis desselben über, so haben wir hier die kombinirten Funktionen der Elasticität und der organischen Kontraktilität der Muskeln in weit auffallenderer Weise und in bedeutungsvollern, zahlreichern und schwierigern Komplikationen zu beobachten, als es bei den übrigen Muskeln des Körpers in der Regel zur Beachtung kommt.

Schon die gewöhnlichen, mit einfacher Fascia überzogenen Körpermuskeln haben im Augenblick ihrer organischen Kontraktion, weil dabei, wie wir gesehen haben, ihr Elasticitätsmodulus sich etwas verringert, einen geringern elastischen Widerstand zu überwinden, so dass die Bedeutung des Zugsgewichts oder der Last, die sie zu überwinden haben, sich gleichfalls verringert. Ist der Muskel durch fortgesetzte Thätigkeit ermüdet, erschlafft,

---

*) Weber in den Berichten der K. Sächs. Akad. d. Wissensch. 1851.

**) Werner über Muskelruhe u. s. w. in Preuss. Medicin. Zeitg. 1849. No. 43—45.

so wird seine elastische Kraft (Retraktilität) zwar gegen früher abnehmen, aber doch noch um so freier sich geltend machen, je grösser seine Elasticität von Haus aus war. Der von einem neuen, schweren Gewicht angezogene Muskel wird aber dann um ein grösseres Stück länger als vorher, da er noch in voller Energie war, weil jetzt seine Elasticitätsgrösse noch mehr abgenommen hat, und dasselbe Gewicht ihn stärker ausdehnt. Daher wird er sich nach Wegnahme des Gewichts doch nicht mehr so weit spontan retrahiren können, als vorher, wo er noch seine ganze Elasticitätsgrösse besass. Aber diese bei jeder Muskelkontraktion mehr oder weniger stattfindende Ermüdung (Abnahme der Elasticitätsgrösse) ist an sich kein Nachtheil, weil die dabei stattfindende Verkürzung gleichfalls ein freieres Spiel bekommt, und der Muskel grössere Lasten (wenn auch nur auf kurze Zeit) bewältigen kann, als wenn seine Kontraktilität das volle Maass des elastischen Widerstands zu bekämpfen hätte *).

Jedenfalls handelt es sich in Fällen, wo an einem Muskel fortwährend eine nach Fall strebende Last hängt, die er zu heben oder zu tragen hat, darum, die unter diesen Umständen unausbleibliche permanente Ermüdung und Abnahme der Retraktilität zu verhüten. Es ist hier für den Muskel wünschenswerth, wenn ihm wenigstens der Theil der Arbeit abgenommen wird, der ihm fortwährend obliegt, wenn das Tragen oder Heben der Last, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, bis zu einer gewissen Höhe, einer andern, fortwährend und spontan wirkenden und nicht ermüdenden Kraft übertragen wird. Wir haben bereits früher (S. 161) am Beispiele des M. cricothyreoideus und vocalis gezeigt, dass die diesen Muskeln beigegebenen elastischen Bänder diese Bedeutung haben, und wir haben letztere durch den Vergleich mit dem an der Decke in horizontaler Richtung mit einem Ende befestigten elastischen Stabe, an welchem mittels eines Strickes die schwere Mörserkeule hängt, deren Hebung durch die hier spontan stattfindende Retraktion mittels der elastischen Kraft jenes Stabes erleichtert wird, zu veranschaulichen gesucht. Dieses Princip finden wir unter ähnlichen Verhältnissen im ganzen thierischen und menschlichen Körper je nach speciellem Bedürfniss allenthalben in Anwendung gebracht, und es lohnt sich wohl der Mühe, diesen wichtigen, aber bisher noch zu wenig erörterten Punkt der Bewegungsmechanik hier zur Sprache zu bringen, und wenigstens an einigen, mir gerade einfallenden Beispielen zu zeigen, wie weise der höchste Mechaniker in dieser Hinsicht seine Anordnungen getroffen hat. So wird der fortwährend nach Falle strebende Unterkiefer nicht allein durch die Retraktilität der Kaumuskeln an den Oberkiefer angezogen erhalten, sondern dies Geschäft ist zum grossen Theile dem Ligamentum maxillare internum übertragen, welches durch seine Elasticität die Kaumuskeln, zunächst die Mm. pterygoidei, der Mühe überhebt, das Gewicht des Unterkiefers zu heben. Es ist kein „schlaffer Streif", wie in den Büchern**) steht, sondern ein wirklich elastisches Band, wie sich jeder überzeugen kann, der während der Kieferbewegung sich in den Mund fühlt. In ähnlicher Weise wirkt das Ligam. stylohyoideum, das nicht nur das Zungenbein trägt, sondern auch die Last der Organe, die an demselben hängen, erleichtern hilft, und namentlich den M. stylohyoideus und die hintere Portion des Digastri-

*) Valentin a. a. O. §. 2795 ff.

**) Z. B. in Bock's Handbuch der Anatomie I. S. 243. 3. Aufl. 1842.

cus in ihren Arbeiten unterstütz. Der Kehlkopf, zunächst der Schildknorpel, hängt am Zungenbein, wie wir wissen, zumeist mittels des elastischen Ligam. hyothyreoideum anticum. Ist der Kehlkopf durch anderweite Kräfte herabgezogen worden, so zieht ihn dieses Band vermöge seiner retraktilen Elasticität wieder in die Höhe, und der M. hyothyreoideus braucht dieser Bewegung nur zu folgen, ohne dabei eine sonderliche Energie zu entwickeln. In ähnlicher Weise verhält sich, wie wir bereits erwähnten, das Ligam. conicum zum M. cricothyreoideus. Aber auch horizontal liegende Muskelzüge, bei welchen die Schwere der zu ziehenden Theile weniger in Anschlag kommt, werden durch die spontanen Funktionen elastischer Apparate unterstützt. Ausser dem uns bald näher beschäftigen sollenden M. vocalis haben auch mehrere Zungen- und Schlundkopfmuskeln, z. B. der Hyoglossus, Glossopalatinus, Glossoepiglotticus, die den Constrictor pharyngis superior konstituirenden Muskeln u. a. m. elastische Apparate zu ihrer Unterstützung erhalten. Alle diese Kombinationen zwecken darauf ab, dem Muskel einen Theil seines Zugsgewichts zu ersparen, und ausserdem den betreffenden Organen eine bestimmte Gleichgewichtslage zu erhalten, die ausserdem in Folge der Schwerkraft und der Trägheit der Massen bald erhebliche Aenderungen erleiden müsste.

Indem wir nun zu den speciellen Bewegungen uns wenden, welche am und im Kehlkopf behufs der Erhöhung und Vertiefung des Tones stattfinden, betrachten wir zuerst das am meisten in die Augen springende, mit der Tonabstufung in Kaussalnexus stehende Moment: das Auf- und Absteigen des Kehlkopfs. Diejenigen Physiologen, welche die Phänomene des menschlichen Stimmorgans nur am ausgeschnittenen Kehlkopf studirt haben, ignoriren natürlich dieses Moment, wenn gleich sie wissen konnten, dass nicht nur das Verhältniss zwischen Wind- und Ansatzrohr durch diese Bewegungen geändert werden muss, und dass Rohransätze auf die Töne elastischer Zungen einen nicht wenig abstufenden Einfluss auszuüben vermögen, sondern dass auch die gegenseitige Stellung der Kehlkopfknorpel dabei einige Modifikationen erleiden muss. Ueberhaupt hat bisher noch Niemand dieses wichtige tonabstufende Element des menschlichen Stimmorgans genauer untersucht. Liskovius ist darüber sehr unklar (s. s. Schr. §. 56.), Müller zweifelhaft, und Harless wenigstens sehr unpraktisch.

Das Auf- und Absteigen des Kehlkopfs behufs der Ton-Erhöhung und Vertiefung findet, wie wir gesehen haben, statt bei allen gut liegenden, keine besondere Nachhülfe erfordernden Tönen, sobald die zu deren Intonirung nöthige Luft einen gewissen Spannungsgrad nicht überschreitet. Dass diese Kehlkopfbewegungen wirklich zur Tonabstufung in naher Beziehung stehen, sieht man am deutlichsten bei raschen, innerhalb verhältnissmässig enger Intervallen liegenden Tonfolgen, besonders den sogenannten Tonfiguren, Koloraturen, Fiorituren, dem Triller u. s. w., wobei sich der Kehlkopf für den höhern Ton in entsprechender Weise hebt, für den tiefern Ton senkt, auch wenn diese Tonfolgen zwischen *forte* intonirte Töne eingelegt sind, oder selbst ziemlich stark angegeben werden. Am ausgiebiegsten sind diese Bewegungen des Kehlkopfs bei schwacher Windgebung, am beschränktesten bei starker Intonation, wo der Kehlkopf fixirt werden muss, und sich daher jener abstufenden Bewegung mehr oder weniger zu widersetzen scheint.

In wie weit und wodurch vermag nun die Auf- und Niederbewegung des Kehlkopfs als tonabstufendes Mittel zu wirken?

Despiney sagt, die Stimmbänder würden bei Hebung des Kehlkopfs durch den Zug nach oben, den die Kontraktionen des M. hyothyreoideus mittelbar auf dieselben ausüben, angespannt und dadurch der Ton erhöht. Wäre dies auch wirklich der Fall, so würde dadurch noch nicht die hohe Stellung des Kehlkopfs am Halse zu einem tonerhöhenden Moment, da eine solche Kontraktion des Hyothyreoid. auch bei tiefem Kehlkopfstande stattfinden kann. Wir werden jedoch diese Verhältnisse weiter unten betrachten. Liskovius macht weniger Umstände. Er hilft sich hier, wie er es leider gewohnt ist, mit einem Heischesatze, den er sofort dem Leser als eine physiologische, längst ausgemachte Wahrheit hinstellt, und dadurch, dass er ihn ganz unbefangen an mehrern Stellen seiner Schrift wiederholt, zu bekräftigen bemüht ist, den er aber nichts desto weniger unbewiesen lässt. Er sagt nämlich (§. 56): In Folge der Tiefstellung des Kehlkopfs durch seine Senkmuskeln ist die Stimmritze in ihrer ganzen Länge [?] offen, die Spannung der Stimmhäute gering, und diese schwingen in ihrer ganzen Ausbreitung u. s. w. Je höher dagegen der Kehlkopf durch seine Hebemuskeln gehoben wird, desto kleiner [?] wird die Stimmritze und desto höher der Ton. Er giebt also zu verstehen, dass durch die blosse Hebung des Kehlkopfs die Stimmritze eng werde, nach seiner Theorie also höhere Töne geben müsse, durch die blosse Senkung dagegen die Stimmritze sich erweitere und dadurch tiefe Töne geben müsse. Wenn aber der blosse Mechanismus des Senkens des Kehlkopfs die Glottis erweiterte, wie wäre es dann möglich, bei tiefem Kehlkopfstande hohe Töne zu erzeugen? — Despiney's Ansicht über den bei der Hebung des Kehlkopfs zunächst betheiligten M. hyothyreoideus (vergl. S. 126) ist auch nicht geeignet, Licht auf unsere Frage zu werfen. Das Phänomen, das er bei seinen Versuchen durch Anziehen dieses Muskels an den Stimmbändern beobachtete (Aufwärtsziehung der beiden Endstücken der Stimmbänder), kann wohl im Leben nicht stattfinden, und es würde wohl auch die davon erwartete Tonerhöhung durch die gleichzeitig stattfindende Erweiterung der Glottis paralysirt werden.

Wir haben bereits im vorigen Kapitel (S. 662) die eine Funktion der Verschiebung des Kehlkopfs am Halse erkannt, welche darin bestand, das aërodynamische Verhältniss zwischen Wind- und Ansatzrohr aufrecht zu erhalten. Jetzt betrachten wir eine zweite Funktion dieser Bewegung, welche nach meinen Forschungen darin besteht, dass durch das Herabziehen des Kehlkopfs die Stimmbänder verkürzt werden und dadurch der Ton vertieft wird, während durch das Heraufziehen des Kehlkopfs das umgekehrte Resultat erreicht wird. Schon Liskovius und andere Phonologen haben diesen Vorgang geahndet, haben aber nicht den geringsten Versuch gemacht, denselben physiologisch zu erklären. Nach meinen Untersuchungen kommt es dabei zunächst auf die Zugsrichtungen und Verkürzungsverhältnisse der Mm. sterno- und hyothyreoidei an, und wir werden bald einsehen, warum der Schöpfer die Kehlkopfinsertion dieser Muskeln in eine schiefe Linie gelegt hat. Vergl. diese anatomischen Verhältnisse S. 125 ff. und Fig. 41. 42.

Fig. 160 *a b c d* stelle den M. hyothyreoideus, *c d e f* den M. sternothyreoideus vor, so dass *c d* der Linea obliqua und dem Ligam. intermusculare des Schildknorpels entspricht. Wir nehmen an, dass sich beide Muskeln gleichzeitig zusammenziehen, während *a b* durch andere Kräfte mit herabgezogen wird. Bei seiner Kontraktion sucht ersterer Muskeln *c d* nach *g h*, letzterer *c d* nach *i k* zu ziehen, weil die längern Fasern dieser Muskeln sich um ein grösseres Stück verkürzen müssen, als die kürzern. Da nun *c d* nur einer Bewegung folgen kann, und *a b*, das dem Zungenbein entspricht, gleichzeitig durch die Mm. sterno- und omohyoidei herabgezogen wird, so muss nach Beendigung der Kontraktion *c d* die Stellung *i k* erhalten, und *a b* nach *l m* herabgerückt sein, weil der gesammte Verkürzungsbetrag dem Abstande zwischen *i* und *g*, und zwischen *k* und *h* gleich ist, *i g* aber = *a l* und *k h* = *b m*. — In dieselbe Stellung *i k* wird *c d*

ausweichen, wenn der M hyothyreoideus bei diesem Vorgange unthätig bleibt. Ob dann *b* etwas mehr herabgezogen wird, als *a*, welches an seinem Orte stehen bleibt, bleibt sich für das phonische Resultat gleich.

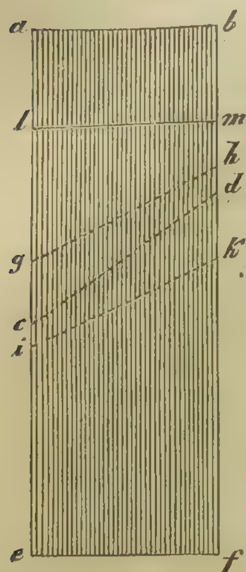


Fig. 160.

Desgleichen stelle Fig. 161 *a b* wieder das Zungenbein vor, *e f* den obern Rand des Brustbeins und der 1. Rippe oder beziehendlich (vergl. S. 125) den sehnigen Querstreif in der Mitte des M. sternothyreoideus, also *a b c d* den Umfang des M. hyothyreoid., *c d e f* den des sternothyr. oder wenigstens der obern Portion desselben. Wenn nun *a b c d* uud durch *c d* auch *c e* und *d f* von den Zugkräften *g* und *h* nach *i k* gezogen wird, während *e f* fest stehen bleibt, so müssen sich die langen Fasern von *a c* und *d f* mehr ausdehnen und verlängern, als die kurzen von *b d* und *c e*. Würde *a b c d* durch eine der von *g h* gleiche Zugkraft nach unten ausgedehnt, so würde dadurch *c d* nach *l' m'* gelangen; wird *c d e f* nach oben, wie wir anfangs angenommen, ausgedehnt, so wird *c d* nach *l m* gelangen. Da nun die Ausdehnung nur nach einer Richtung (aufwärts) stattfindet und *c d* die Grenzlinie zwischen beiden Fasersystemen bildet, beide Systeme sich aber den Längenverhältnissen ihrer Fasern gemäss ausdehnen müssen, so wird *c d* nach Beendigung des Vorganges nach *l m* gelangen, *a b* muss aber bis *i k* steigen, weil $k\,m = b\,m'$ und $i\,l = a\,l'$ werden muss, und ebenso müssen $c\,l' = d\,m$, $d\,m' = c\,l$, ferner $l\,l' = a\,i$, $m\,m' = b\,k$ werden, wie wohl nicht umständlicher demonstrirt zu werden braucht. — Zieht sich während dieses Vorgangs *a c* und *b d* (M. hyothyreoid.) zusammen, während *c d e f* allein ausgedehnt wird, so muss *c d* dennoch nach *l m* verrückt werden, während *a* sich etwas sen ken (gegen *l* sich hinbewegen), *b* dagegen entweder an seinem Orte stehen bleiben, oder ein wenig gegen *k* steigen wird.

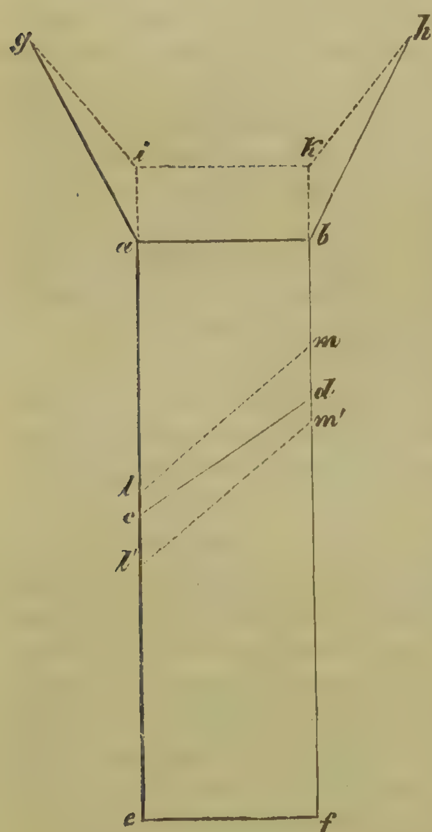


Fig. 161.

Wird dagegen Figur 162 von *a b c d* ein kontraktiver Zug nach oben, von *c d e f* einer nach unten mittels Verkürzung der Muskelfasern zwischen *a c e* und *b d f* angestrebt, so dass *c d* sowohl dem *a b*, als dem *e f* angenähert werden soll, dann sollte man erwarten, dass die beiden Muskelarbeiten einander aufheben, sobald wenigstens $b\,d = c\,e'$ und $a\,c = d\,f'$ und *a b* sowohl, als *e f* als stabil angenommen wird, während, wenn *c d e f* mehr Energie entwickeln kann, als *a b c d*, allerdings *c d* ein wenig von seiner

Schiefheit verlieren muss. Allein auch, wenn beide Muskeln einander an Energie völlig gleich sind, d. h. wenn $a\ c = d\ f$, $b\ d = c\ e$, so wird doch, wenn beide Muskeln gleichzeitig und gleichmässig sich ohne Verrückung ihrer Insertionsstellen zu verkürzen streben, nur $g\ m$ und $m\ h$ einander völlig das Gleichgewicht halten können, während $a\ c$ und $c\ e$, $d\ f$ und $b\ d$ dasselbe deshalb nicht thun werden, weil $a\ c$ bedeutend länger ist, als $c\ e$, und $d\ f$ ebenso länger, als $b\ d$. Sowohl $a\ c$ als auch $d\ f$ werden etwa noch einmal soviel Energie entwickeln, d. h. sich um eine doppelt so grosse Strecke zu kontrahiren suchen, als $c\ e$ und $b\ d$, und es wird daher der Insertionspunkt c höher, etwa nach i, der Insertionspunkt d tiefer, etwa nach k gezogen werden, während der von gleichen Kräften nach oben und unten gezogene Punkt m auf seiner Stelle bleiben muss.

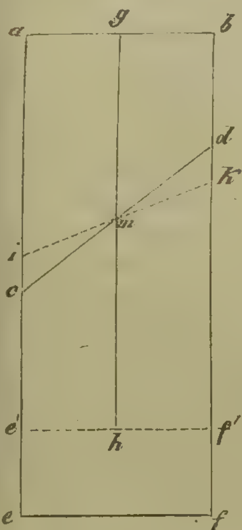


Fig. 162.

Die Anwendnng dieser Sätze auf die phonischen Bewegungen des Kehlkopfs wird nicht schwer fallen. Alle Bewegungen des Kehlkopfs nach oben und nach unten geschehen fast durchweg unmittelbar von der Linea obliqua des Schildknorpels aus, zunächst gegen das Zungenbein und gegen das Brustbein hin. Nur die vordere Zone des M. hyothyreoideus inserirt sich mit noch etwas längern Fasern an der mittlern, vor der Protuberanz gelegenen Portion des untern Randes des Schildknorpels; ausserdem setzt sich ein Theil der Längenfasern des M. pharyngopalatinus (oder Stylopharyngeus) am hintern Rand des Schildknorpelflügels an. Jede solche Bewegung des Kehlkopfs ist also zunächst eine Bewegung des Schildknorpels, welcher der Ringknorpel nicht zu folgen braucht, ja nicht einmal vollständig folgen kann. Wir nehmen jedoch an, dass für gewöhnlich der Ringknorpel den nach unten und oben am Schildknorpel angreifenden Zugkräften keinen besondern Widerstand entgegensetzt, dass er also willig dem aufwärts gehenden Zuge folgt, und vom niederwärts gehendem Drucke sich ebenso willig verschieben lässt. Diese Beweglichkeit wird dadurch nicht beeinträchtigt, dass der Ringknorpel für sich mehr fixirt ist, d. h. fester steht, als der Schildknorpel, was schon deshalb nöthig ist, damit dieser um so leichter seine Hebelbewegungen um die durch beide Gelenkhügel des erstern gehende Drehungsaxe vollziehen könne. Der Ringknorpel haftet für gewöhnlich, d. h. wenn Nichts geschluckt wird, mit seiner breiten Lamina an der hintern Pharynxwand an, auf der er sich wohl sehr leicht auf- und abwärts schieben, aber von welcher er sich nicht leicht nach vorn abreissen lässt; der untere Rand des Ringknorpels ist gleichfalls fest mit der Luftröhre und der Vorderwand der Speiseröhre verbunden, so dass er, zunächst sein Bogen, wenigstens keine solchen Hebelbewegungen ausführen kann, wie der die hintere Pharynxwand nur wenig berührende Schildknorpel. Ich kann daher mit Harless nicht übereinstimmen, wenn er die festere Insertion des M. cricothyreoideus in den Schildknorpel, die mobilere in den Ringknorpel verlegt. Demnach werden wir den Mechanismus der in Rede stehenden Bewegungen folgendermassen zu konstruiren haben.

Bei der Abwärtsbewegung des Kehlkopfs behufs der Vertiefung des To-

nes gleitet der Ringknorpel, ohne seine Neigung zu ändern, sammt den auf ihm aufsitzenden, zusammengeschobenen Giesskannenknorpeln, sowie der Hinterwand der Pars cricoidea des Pharynx, nebst der obern Portion der Luft- und Speiseröhre an der Vorderfläche der Halswirbel herab, bei der Aufwärtsbewegung des Kehlkopfs ebenso herauf. Der M. cricopharyngeus ist dabei, wie bei jedem phonischen Phänomene, sphinkterisch zusammengezogen, ebenso die Querfasern der Speiseröhre, ohne jedoch dabei eine besondere Energie zu entwickeln; die Längenfasern der Luftröhre sowohl wie der Speiseröhre verkürzen sich synergisch mit dem M. sternothyreoideus und den Mm. sterno- et omohyoideus. Die Hebemuskeln des Kehlkopfs und des Zungenbeins, obwohl sie verlängert werden, treten doch in den meisten Fällen in mehr oder weniger opponirende Thätigkeit, um den Zug der Senkmuskeln, der sonst ein sehr rascher und bis zur tiefsten Grenze gehender sein würde, nach dem phonischen Bedürfniss zu hemmen und zu reguliren. Zunächst ist letztere Aufgabe dem zwischen beide Muskelsysteme eingeschalteten M. hyothyreoideus übertragen, der zwar keine bemerkliche Verkürzung erleidet (s. S. 603), aber doch für gedachten Zweck thätig sein muss; ausserdem hat er zu verhüten, dass das Ligam. hyothyreoideum zu sehr ausgedehnt und der obere Kehlkopfraum zu lang werde, was jedenfalls das phonische Resultat beeinträchtigen würde. Er zieht sich also zusammen, aber ohne dabei erheblich kürzer zu werden: ein Fall, der uns noch oft genug begegnen wird.

Nun sind aber beide Bewegungsmuskeln des Kehlkopfs an der bekannten schiefen Linie inserirt, und die Fasern dieser Muskeln sind aus diesem Grunde, da die andern Insertionsstellen (am Zungenbein und am Brustbein) dieser Richtung nicht parallel sind, von ungleicher Länge, und zwar so, dass die kurzen Fasern des einen den langen des andern gegenüber stehen und umgekehrt. Es müssen daher, wenn der M. sternothyreoideus sich ein Stück weit verkürzt, zweierlei Bewegungen erfolgen, eine den gesammten Kehlkopf betreffende, in der Richtung der Verkürzung liegende, also abwärts gehende, wobei, wie bemerkt, der Ringknorpel seine anfängliche Neigung nicht verändert; und eine den Schildkorpel besonders sollicitirende, welche sich als Hebelbewegung mit Erweiterung der Fenestra und Verkürzung des geraden Durchmessers des Kehlkopfraums, also auch der Stimmbänder, gestalten muss. Um wenigstens annäherungsweise den Betrag der auf diesem Wege möglichen Verkürzung der Stimmbänder und dadurch bewirkten Tonvertiefung berechnen zu können, muss man die hier zu vergleichenden Grössen genauer kennen lernen. Die Faserlänge des M. sternothyreoideus beträgt nach meinen Messungen am hintern Saume, der die längsten, sich an der obern Schildknorpelerhabenheit inserirenden Fasern enthält, im relaxirten Zustande etwa 3½″, am vordern Saume, der die kürzesten Fasern hat, etwa 7—8‴ weniger, so dass die Länge der kurzen zu der der langen Fasern sich verhält = 4 : 5. Der Winkel, den die Linea obliqua zur Faserrichtung des Muskels macht, beträgt etwa 30°. Die Muskelfläche bietet keine vollkommene Ebene, sondern erscheint durch die unter ihr liegende Schilddrüse in ihrer grössern obern Hälfte konvex gekrümmt. Namentlich werden die hintern langen Fasern dadurch in Kurven verwandelt, und die Insertionswinkel derselben etwas vergrössert. Diese Unterschiebung der Schilddrüse war schon deshalb nöthig, weil sonst der Muskel in Folge seiner Verkürzung nothwendig schmäler geworden wäre, ein Um-

stand, der bei diesem Vorgange, wo ja die Muskelfasern dicker werden, durchaus vermieden werden musste. Nehmen wir nun an, dass sich die vordere Kante des Muskels um 7‴, die hintere um $8\,^3/_4$‴ verkürze (indem $7 : 8\,^3/_4 = 4 : 5$), so ist die Mehrverkürzung der langen Kante zu der der kurzen $= 1\,^3/_4$‴. Ist die Länge der Linea obliqua oder der Abstand der Insertion der längsten Faser von der der kürzesten $= 10$‴, so wird dann diese Linie zu ihrer vorigen Lage um etwa 5° abweichen, und der Schildknorpel wird überhaupt die Drehung um seine Hebelaxe erlitten haben, wie sie in Fig. 163 durch die punktirte Kontour dargestellt ist. Das Stimmband hat sich dabei um etwa $^3/_4$‴ oder um $^1/_9$ seiner Länge verkürzt.

Fig. 163.

Je mehr sich nun der M. sternothyreoideus verkürzt, desto grösser wird auch sein Einfluss auf die Stimmbänder ausfallen. Da aber ein Körpermuskel von seiner grössten Ausdehnung an bis zu seiner grössten Verkürzung sich etwa verhält, wie 2 : 1, ein Betrag, der von unserem Muskel oft noch überschritten wird, und da in dem eben angeführten Beispiele eine Verkürzung des M. sternothyr. um etwa $^1/_5$ eine Verkürzung des Stimmbandes um $^1/_9$ zur Folge gehabt hat, so können wir annehmen, dass bei grösster Verkürzung dieses Muskels (die bei mir 2 ganze Zoll von seiner grössten Verlängerung differirt) das Stimmband etwa $^3/_9$ oder $^1/_3$ von seiner grössten Länge verlieren wird: eine Annahme, die mit der Erfahrung durchaus nicht in Widerspruch steht.

Der Gegenfüssler des M. sternothyreoideus, der M. hyothyreoideus, verhält sich hinsichtlich seines Mechanismus ganz ähnlich, und muss, wenn er sich kontrahirt und das Zungenbein als in derselben Ebene bleibend angenommen wird, die Neigung der Linea obliqua ebenso verändern, wie der vorige Muskel. Für gewöhnlich verkürzt er sich aber bei Senkung des Kehlkopfs behufs der Tonvertiefung nicht merklich, nur bei den Kehlbasstönen tritt er in kooperirende Wirksamkeit. Hier darf aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, der Kehlkopf nicht so tief gezogen werden, wie bei den tiefsten Brusttönen; gleichwohl sollen Töne erzeugt werden, die noch tiefer liegen, als letztere. Da der Hyothyreoideus den Schildknorpel in gleicher Weise, wegen seiner geringern Länge aber in geringerem Grade um seine Hebelaxe dreht, so braucht der M. sternothyr., zur Erreichung des gewünschten Tonphänomens sich etwa nur $^2/_3$ so weit zusammenzuziehen, als bei seiner alleinigen Wirksamkeit nöthig gewesen wäre, indem das fehlende Drittel der M. hyothyr. zuschiesst. Natürlich hat der M. hyothyr. noch verschiedene andere Funktionen, die uns jedoch erst später beschäftigen werden.

Sollen bei noch höherem Kehlkopfstande tiefe Töne erzeugt werden, da tritt ausser den vorigen noch der M. thyreopharyng., der dritte an der Linea obliqua sich inserirende Muskel, in Wirksamkeit. Seine Fasern sind nicht in der Weise von ungleicher Länge, wie die der beiden Vorigen, da die obern Fasern desselben durch ihren hochliegenden Ursprung das wieder an Länge gewinnen, was sie durch die nach hinten gerückte Insertion verloren, und in ähnlicher Weise seine untern Fasern dadurch, dass sie mehr horizontal ver-

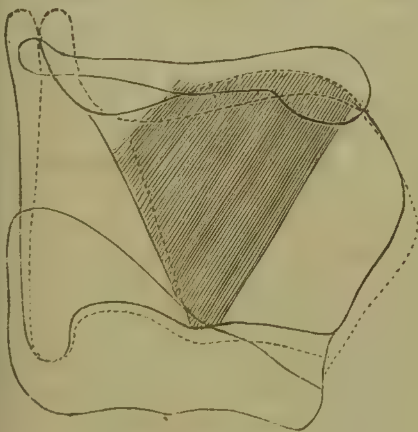
laufen, den obern an Länge gleich kommen. Seine Fasern drehen also ziemlich gleichmässig den Schildkorpel rückwärts, ziehen ihn aber dabei auch ein Stück aufwärts, so dass der M. sternothyr. sich nicht so sehr anzustrengen braucht, um zu einem Ziele zu gelangen, das er allein nur mit grosser Anstrengung oder gar nicht erreicht hätte. Endlich übt der Thyreopharyngeus noch eine Wirkung auf den Kehlkopf aus: er drückt ihn der Breite nach zusammen. Alles dies sind Erfordernisse für den Strohbass, doch auch zu andern Zwecken werden wir diese Leistungen verwendet finden.

Demnach haben alle drei an der Linea obliqua des Schildknorpels sich inserirenden Muskelsysteme, sowohl für sich, als auch in Verbindung mit einander wirkend, eine den untern Hebelarm des Schildknorpels aufwärts drehende Wirkung; sie haben also eine Verkürzung der Stimmbänder zur Folge, sobald sie sich zusammenziehen. Bei dem gewöhnlichen, in merklichen Schritten geschehenden Absteigen des Kehlkopfs beschränkt sich die Thätigkeit des M. thyreopharyngeus nur auf Regulirung der Stellung des Schildknorpels zum Ringknorpel, und auf Verhütung der Zerrung und Zerreissung des Lig. capsulare, eine Thätigkeit, in welcher er von dem nach oben und hinten gehenden Verstärkungbande dieses Gelenks (Fig. 28) unterstüzt wird.

Beim Steigen oder bei der Aufwärtsziehung des Kehlkopfs behufs der Erhöhung des Tons gleitet der Ringknorpel, ohne seine Neigung erheblich zu ändern, nebst seinen annexen Theilen auf der Vorderwand der Halswirbelsäule herauf, und es verhält sich überhaupt der ganze Mechanismus dem der Abwärtsbewegung umgekehrt. Der M. sternothyreoideus und die Senkmuskeln des Zungenbeins werden ausgedehnt, d. h. sie geben den an ihren Insertionsstellen ziehenden Hebemuskeln des Zungenbeins so weit nach, als sie behufs der beabsichtigten Stufe (des Kehlkopfs wie des Tones) sollen. Durch die ungleiche Ausdehnung, die die verschiedenen Faserzonen des M. sternothyreoideus erleiden, wird die Linea obliqua des Schildknorpels der senkrechten mehr zugeneigt, so dass der Winkel, den sie zur Basis des Kehlkopfs, zum untern Rande des hintern Abschnitts des Ringknorpels macht, ein weniger spitzer wird, während die Fasern des Muskels sich an derselben Linie jetzt unter einem spitzeren Winkel inseriren. So lange das Steigen des Kehlkopfs in ungehinderten, möglichst grossen Schritten erfolgen soll, so lange also die zu erzeugenden Töne keine besondere Stärke erhalten sollen, entwickelt der M. thyreopharyngeus keine selbstständige Energie, und vermag die einmal angenommene Lage der Linea obliqua nicht abzuändern: der Hauptzug, der das Zungenbein und den Kehlkopf aufwärts führt, ist durch die Verkürzung der Mm. hyopharyngeus, stylopharyngeus (portio thyreoidea), stylohyoideus und Portio posterior digastrici bedingt, welche die längsten und meisten Fasern besitzen, und deshalb das Zungenbein in seiner hintern Portion jedenfalls höher zu heben fähig sind, als die Mm. geniohyoideus, mylohyoideus und Portio antica digastrici den Körper dieses Organs, welche ihrer Lage nach überhaupt mehr nach vorn, als nach oben ziehen können. Hierzu kommt, dass die hintern Fasern des dem M. hyothyreoideus gerade gegenüber liegenden M. hyoglossus länger sind, und sich mehr verkürzen können, als die vordern, und dass die untern Fasern des M. styloglossus in jene hintern Fasern des hyoglossus übergehen, wodurch jene Wirkung noch verstärkt wird. Auch liegt für gewöhnlich das volle Gewicht der Zunge auf dem Körper, nicht auf den Hörnern des Zungenbeins, welche schon aus diesem Grunde sich leichter heben lassen, als

jener. Demnach kommt das Zungenbein, wenn es gehoben wird, in eine Lage, die um so mehr gegen den Horizont geneigt sein wird, je mehr sich die Hebemuskeln desselben verkürzt haben. Der an ihm hängende Kehlkopf muss dieser Lage folgen; und zwar wird nicht nur sein Gewicht, das die Bänder zwischen Zungenbein und Schildknorpel ausgespannt hält, durch den M. hyothyreoideus und M. stylothyreoideus balancirt, so dass die elastische Kraft (Retraktilität) dieser Bänder freien Spielraum erhält, und das kleine Kehldreieck sich im Verhältniss verkleinert, sondern der Kehlkopf selbst wird auch bis zur Berührung gegen das Zungenbein angezogen. Als Schlussstein und eigentlicher Regulator des ganzen Mechanismus wird nun der M. cricothyreoideus eintreten, welcher das angestrebte phonische Resultat in später zu erörternder Weise sichert.

Die wichtigsten mechanischen Momente bei diesem Vorgange sind der Vorwärtszug des Zungenbeins mittels des M. geniohyoideus und der Portio antica digastrici, der im Allgemeinen mehr austrägt, als die Aufwärtsbewegung, die durch diese Muskeln möglich ist, und die Kontraktion des M. hyothyreoideus, von welchen beiden Momenten zum grössten Theil die Verlängerung der Stimmbänder abhängt. Wir müssen uns hierzu die gegenseitigen Lagerungs- und Bewegungsverhältnisse des Zungenbeins und des Schildknorpels etwas näher betrachten. Das Zungenbein bildet einen parabolischen Halbreifen ohne erhebliche Höhenkrümmung, aber mit einer bedeutenden doppelt gekrümmten, schief von unten und vorn nach unten und hinten gestellten muldenförmigen Aushöhlung an der Innenfläche seines gestreckt schildförmigen Vordertheils (Körpers). Dabei ist es ziemlich fest und lässt sich nicht so leicht zusammenkrümmen, als die Flügel und Hörner des Schildknorpels. In der Regel divergiren auch die Capitula der Zungenbeinhörner etwas weiter, als die Spitzen der grossen Hörner des Schildknorpels. Die obere Kontour dieses Knorpels dagegen läuft weder in der Höhennoch in der Breitenrichtung dem Zungenbein parallel. Vergl. die Figg. 27. 33—35. 41 (S. 80. 94 ff. 125). Schon eine mässige Verkürzung des M. hyothyreoideus reicht hin, um die konvexeste Stelle des obern Schildknorpelrandes mit dem Zungenbein in Berührung zu bringen (s. Fig. 164). Dann kann sogar der Fall eintreten, dass dieser Rand sich ein Stück weit hinter den Bogen des Zungenbeins schiebt, und letzteres den Schildknorpel wie ein Ring umklammert, wobei die Hornspitzen des letztern sogar über die Capitula des erstern zu stehen kommen können. Hiermit ist jedoch die Wirksamkeit des M. hyothyreoideus noch nicht erschöpft. Denn wenn auch in der Richtung der langen Fasern desselben, oder einer vom Seitentheile des Zungenbeinkörpers über die erhabenste Stelle des obern Randes nach der untern Prominenz des Schildknorpels gezogenen Linie keine weitere Verkürzung des Muskels möglich ist, so verhält es sich doch mit den kürzern Fasern desselben anders. Denn diese können sich bei dieser Disposition im-


Fig. 164.

mer noch, und zwar um so mehr, je höher sie sich an der Linea obliqua anheften, zusammenziehen, so weit es ihnen überhaupt möglich ist. Dadurch wird der Hintertheil des Schildknorpels gehoben, wobei die Konvexität des Randes desselben ein Stück vorwärts gleitet. Wir sehen auch in der That, dass dieser Knorpeltheil zu diesem Behufe von Natur dicker und abgerundeter ist, als die andern. Da aber die hier wirksamen Fasern des M. hyothyreoid. sehr kurz sind, werden sie schwerlich viel zu dieser Hebeldrehung des Schildknorpels und Verlängerung der Stimmbänder beitragen können, wenn nicht gleichzeitig die Hörner des Zungenbeins mehr als der Körper desselben gehoben werden. Dass dies in der Regel der Fall ist, haben wir vorhin bemerkt. Sobald dies geschehen ist, muss der Schildknorpel, auch wenn seine Konvexität noch nicht bis ans Zungenbein stösst, schon durch den Zug von des letztern Horne aus, und bevor der Ringknorpel mit in die Höhe geht, eine kleine vorwärtsgehende Hebeldrehung erleiden, wofern (wie in der Regel) die Richtung des Schildknorpelhorns etwas nach hinten geht und das Zungenbein bereits etwas nach vorn gezogen ist. Natürlich wird aber die Hebeldrehung weit ergiebiger ausfallen, wenn gleichzeitig der M. hyothyreoideus sich verkürzt. Denn jetzt erhalten die hintern Fasern freien Spielraum, da der Abstand des Zungenbeinhorns von der obern Protuberanz des Schildknorpels ein grösserer geworden ist, und sie werden noch merkliche Wirkung haben, auch wenn der Kontraktion der vordern Fasern dieses Muskels bereits durch den vorhin erwähnten Zusammenstoss Grenzen gesetzt sind. — Noch mehr Einfluss auf die nach vorn gerichtete Hebelbewegung des Schildknorpels hat die Bewegung des Zungenbeins gegen das Kinn. Dieser Bewegung muss der Schildknorpel, wenn sein Pomum nicht schon sehr weit über die Vorderfläche des Zungenbeinkörpers hervorragt, folgen; ja es wird diese Bewegung auch dann noch den Schildknorpel in dem gedachten Sinne drehen und die Stimmbänder verlängern, wenn bereits die Zusammenkoppelung der beiden festen Organe und die Verkürzung des M. hyothyreoid. ihr Maximum erreicht hat, vorausgesetzt natürlich, dass der Ringknorpel seine feste Stellung gegen den Schildknorpel beibehalten hat. Durch diese drei Momente also, Hebung des Zungenbeins, besonders des Hintertheils desselben, Vorwärtszug desselben und Verkürzung des M. hyothyreoideus wird die schiefe Linie mehr oder weniger der senkrechten näher gebracht und dabei der M. sternothyreoideus bis zu dem Grade verlängert, welcher, wie wir oben sahen, dem Maximum der Verlängerung der Stimmbänder entspricht. Diese Kooperation tritt namentlich auch in Wirksamkeit, wenn hohe Töne bei tiefem Kehlkopfstande erzeugt werden sollen. Zwar stehen hier die Senk- und Hebemuskeln in einer gewissen Gleichgewichtsspannung, aber es würde dabei doch schwerlich eine Verlängerung der Stimmbänder über Null möglich sein, wenn nicht der Hintertheil des Zungenbeins in eine schräge, aufwärts geneigte Stellung gebracht und dadurch dem M. hyothyr. Gelegenheit gegeben würde, sich in der gewünschten Weise zusammenzuziehen. Auch die Vorwärtszieher des Zungenbeins müssen hier eine ziemliche Thätigkeit entwickeln.

Der M. cricothyreoideus scheint nach dieser Darstellung der Kehlkopfknorpelmechanik fast überflüssig zu sein, denn das Hauptgeschäft behufs der Hebelbewegung des Schildknorpels ist ja durch die beschriebenen Muskelarbeiten abgemacht. Aber wir haben zu erwägen, dass die langen Fasern des M. hyothyreoideus bis zu dem Zielpunkt, auf welchem ihre Kontraktion

ihr Ende erreicht, eines Antagonisten bedürfen, ohne welchen ihre Verkürzung zu rasch und zu regellos vor sich gehen würde. Diese Verkürzung der Muskelfasern des M. hyothyr. muss auf jedem Punkte aufgehalten und fixirt werden können: sonst wäre keine Haltung eines bestimmten Tones möglich. Da nun aber ein beweglicher Körper nicht anders fest in der Schwebe gehalten werden kann, als wenn er von drei nach verschiedenen Richtungen ziehenden Kräften angegriffen wird, so vermag auch der Schildknorpel nicht anders eine bestimmte, feste Stellung gegen die auf dem Ringknorpel fest sitzenden Schneppenknorpel eine Zeit lang unverrückt zu behaupten, als wenn er gleichzeitig vom M. hyothyreoideus, sternothyreoideus und cricothyreoideus angezogen wird. Es würden sich die vordern Fasern des M. hyothyreoideus vor der Ankunft des Schildknorpels am Zungenbein zu sehr verkürzen, wenn ihnen nicht durch opponirende Kontraktion des M. cricothyreoideus das Gleichgewicht gehalten würde. Der Sternothyreoideus verlängert sich zwar während des in Rede stehenden Vorgangs, aber er ist deshalb nicht unthätig, sondern steht gleichfalls auf einer gewissen Spannung, die freilich nicht bedeutend sein darf. Ferner hat, wenn bei tiefem Kehlkopfstande hohe Töne erzeugt werden sollen, der M. cricothyr. den die Glottis verkürzenden Muskelzügen sich zu widersetzen. Endlich sichert die Aktion des M. cricothyreoideus in Verbindung mit der des so ziemlich gleiche Faserrichtung habenden, nur in entgegengesetzter Richtung ziehenden Thyreopharyngeus den Neigungsgrad der Linea obliqua.

Dies ist das Wesentliche des Mechanismus der äussern den Kehlkopf bewegenden Muskeln und zugleich der die Längenspannung der Stimmbänder modificirenden Hebelbewegung des Schildknorpels auf dem Ringknorpel. Bisher betrachtete man, wenn wir von der irrigen Ansicht derer, die dem Musc. cricoarytaenoideus posticus eine die Stimmbänder (bei geschlossener Glottis cartilaginea) verlängernde Wirkung zuschreiben, absehen, den M. cricothyreoideus so ziemlich als das einzige, die Stimmbänder in die Länge ziehende Organ, während man die Bedeutung des durch die sich an der Linea obliqua des Kehlkopfs inserirenden Muskeln ausgeübten Zugs nach oben und nach unten noch gar nicht zu erkennen vermochte. Man wusste zwar, weil man es täglich und stündlich mit Augen beobachtete, dass der Kehlkopf bei hohen Tönen auf-, bei tiefen abwärts steigt, aber den wahren Grund dieser Bewegung hat noch Niemand vor mir erkannt.

Harless (a. a. O. S. 590) hat sich viel Mühe gegeben, um zu beweisen, dass durch die Kontraktion des M. cricothyreoideus nicht der Schildknorpel gegen den Ringknorpel, sondern umgekehrt und zwar unter allen Umständen der Ringknorpel gegen den Schildknorpel gezogen werde. Sein Hauptargument für diese Behauptung ist, dass sowohl die Hebe- als auch die Senkmuskeln des Kehlkopfs sich sämmtlich am Schildknorpel befestigen. Auch wären die Folgerungen, die er daraus zieht, ganz richtig, wenn er nicht eben übersehen hätte, dass während der Kooperation der gedachten Muskeln, da sich dieselben an einer schiefen Linie befestigen, der Schildknorpel schon deshalb keinen völlig festen Punkt bieten kann, weil die Neigung dieses Knorpels verändert wird, und dass der M. cricothyreoideus auch keine andere Aufgabe hat, als auf die Intentionen dieser Muskelthätigkeit einzugehen. Allerdings, wenn der Schildknorpel fest an das aufwärts fixirte Zungenbein gezogen und beide Organe gleichsam zusammengekoppelt sind, da vermag der M. cricothyr schwerlich mehr eine Bewegung des

Schildknorpels zu erzwingen, und jedenfalls wird hier eher der Ringknorpel, so weit als es unter diesen Umständen möglich ist, seinem Zuge folgen müssen. In der Mehrzahl der Fälle wird jedoch für den Zug unsers Muskels der Ringknorpel fester stehen, als der Schildknorpel, und ersterer wird ihm mehr folgen können, als letzterer. Jedenfalls kommen bei jeder Kontraktion des M. cricothyreoid. sich beide Knorpel entgegen, da in keinem Falle von einem absoluten Fixiren des einen oder andern die Rede sein kann. Uebrigens ist es (wie auch Harless zugiebt) für das Resultat völlig gleich, ob der eine oder der andere Knorpel der relativ festere Insertionspunkt ist. Dass die Fasern des M. cricothyreoideus nicht senkrecht vom untern Schildknorpelrande zum obern Ringknorpelrande verlaufen, sondern in schräger, bezüglich des untern Bündels, das sich am Horn inserirt, fast horizontaler Richtung, hat seinen Grund darin, weil bei der Schlaffheit des Kapselbands das kleine Horn einige Beweglichkeit nach vorn zulässt, welche behufs der Verlängerung der Stimmbänder sehr wohl zu verwerthen ist, ferner weil bei dem verhältnissmässig grossen Einfluss, den schon sehr kleine Längenunterschiede der Stimmbänder auf die Schwingungszahl des Tones ausüben, längere Muskelfasern weit feinerer Nüancirungen in dieser Hinsicht fähig sind, als kürzere. Schon aus diesem Grunde haben wir oben diesem Muskel eine (die Schwingungszahl) regulirende Eigenschaft beigelegt; man könnte ihn den Treffmuskel nennen.

Wir haben nun noch den dritten Fall zu untersuchen und am lebenden Stimmorgan nachzuweisen, was geschieht, wenn sowohl Heber als auch Senker des Kehlkopfs sich das Gleichgewicht halten, der Kehlkopf also fixirt ist, um auf einer und derselben Stellung mehrere Töne von verschiedener Schwingungszahl erzeugen zu können. Fest gehalten werden muss der ganze Kehlkopf, und zwar unabhängig von der Schwingungszahl der zu erzeugenden Töne, sobald nicht nur sämmtliche an seiner Linea obliqua sich inserirenden Muskeln in Antagonismus versetzt worden sind, sondern auch die Wirkung dieser Muskelarbeit so weit gediehen ist, dass der (gesammte) Kehlkopf mit drei Seiten an feste Organe anstösst. Die hier betheiligten Muskeln sind M. sternohyoideus, Omohyoideus, Sterno- et Hyothyreoideus, Laryngopharyngeus, als Opponenten und Gehülfen auch die Hebemuskeln des Zungenbeins, die Muskelfasern der Luft- und Speiseröhre; ferner der M. sternocleidomastoideus, einschliesslich der Schilddrüse. Die festen Organe, die den fixirten Kehlkopf am Ausweichen verhindern, sind das Zungenbein, die Körper der mittlern Halswirbel und der Handgriff des Brustbeins. Hierzu kommt der sehr angespannte M. sternohyoideus, welcher sich wie ein straffes Band über den Schildknorpelflügel legt und ihn an seinem Ausweichen nach vorn und unten hindert. Die Untersuchung aller bei diesem Vorgange stattfindenden Kontraktionsverhältnisse hat ihre erheblichen Schwierigkeiten, die ich in nachstehender Darstellung keineswegs alle überwunden zu haben glaube. Wir nehmen hier beispielsweise den Fall, wo ein Bassist von dem piano eingesetzten G sofort crescendo nach g springt und dies eine Zeitlang forte aushält.

Das Pomum rückt nicht tiefer, aber das Zungenbein, denn das kleine Kehldreieck verkleinert sich: folglich muss der M. hyothyreoideus sich verkürzen. Bei diesem Vorgange bleibt die Linea obliqua in ihrer bisherigen Lage, welche, da der M. sternothyreoideus nahe bis zu seinem Maximum verkürzt ist, eine nach hinten geneigte ist, wie wir unlängst nachgewiesen ha-

ben. Da nun der vom M. hyothyreoideus zu bewirkende Zug nach dieser Linie hin geht, so muss der Körper des Zungenbeins mehr, als die Hörner desselben herabgezogen werden. Dieser Zug wird durch die Aktion des Sterno- und Omohyoideus unterstützt, und hinsichtlich der Neigung, die das Zungenbein annehmen und behalten muss, rektificirt. Das Zungenbein muss aber noch rückwärts, bis an den Wirbelkörper, gezogen werden, sonst steht es nicht fest. Dies geschieht durch die horizontalen Fasern des M. hyopharyngeus. Diese operiren in Gemeinschaft mit den des ganzen Laryngopharyngeus, welcher den ganzen Kehlkopf, Schildknorpel sammt Ringknorpel, gegen die hintere Fangrohrwand zieht. Jetzt ist die erforderliche Neigung der Linea obliqua gesichert, weil der Kehlkopf im Ganzen feststeht. Was den Ringknorpel anlangt, so ist derselbe auch nicht der Fixatoren so entblösst, als Harless zu meinen scheint. Er wird wenigstens nach zwei Richtungen, die sich zu einer diagonalen, gerade nach hinten gehenden, komponiren, angezogen, nämlich von dem M. cricopharyngeus und dem obersten Bündel des Quermuskels des Oesophagus. Da letzteres Organ durch anderweite Kräfte nach unten zu verkürzt wird, ist auch die Zugrichtung jenes Bündels als eine schief nach hinten und unten gehende anzunehmen. So (und ausserdem noch dadurch die Anschwellung der unter und neben ihr liegenden Weichtheile, die ein weiteres Vorrücken nach unten verhindern) wird wenigstens die untere Partie der Lamina cricoideae festgehalten, welche aber gerade die für die weitern Mechanismen einflussreichste ist. Denn wenn der Theil des Ringknorpels, an welchem der Gelenkhügel sitzt, feststeht, und der M. sterno-thyreoideus noch einige Verkürzungsfähigkeit besitzt, so können dies dessen lange Fasern nicht mehr thun, wohl aber die kürzern, ebenso wie der M. hyothyreoideus sich noch mit seinen hintern Fasern kontrahiren kann, wenn es bei vollständigem Zusammenstosse des Schildknorpels und Zungenbeins die vordern nicht mehr können. In diesem Falle, aber auch nur in diesem, ist es möglich, dass der M. sternothyreoideus als ein die Stimmbänder verlängerndes Organ wirkt, weil jetzt seine kurzen Fasern den Schildknorpel etwas herabziehen können. Dazu ist freilich noch erforderlich, dass sowohl der M. thyreopharyngeus, als auch die Levatoren des Zungenbeins in ihrem Kontraktionszustand in entsprechendem Grade nachlassen, und dass der M. cricothyreoideus mitwirkt. — Eine andere auffällige Erscheinung beim Fixiren des tiefstehenden Kehlkopfs ist die Kontraktion und das Starrwerden des M. sternocleidomastoideus, ohne sichtbare Verkürzung desselben. Wir haben in der Physiologie der Muskeln gesehen, dass ein Muskel gerade dann die stärkste Energie entwickeln muss, wenn er sein Zugsgewicht nur sehr wenig oder gar nicht zu heben, sich also dabei ebenso wenig zu verkürzen vermag. Das Zugsgewicht, das hier der M. sternocleidomast. zu bewältigen bemüht ist, hängt an der oberen Apertur des Brustkastens, am Handgriff des Brustbeins und am vordern Ende des Schlüsselbeins. Die beiden Knochen, während der vorhergegangenen Inspiration etwas aufwärts gezogen, streben jetzt, während der Exspiration wieder ihre Indifferenzlage anzunehmen. Da aber bei dieser Exspiration die Luft unter einem sehr grossen Druck stehen muss, und da am Sternum ein grosser Theil der durch ihre Kontraktion diesen Druck bewirkenden Muskeln ziehen, diese aber, um mit gehörigem Nachdruck wirken zu können, eines kräftigen Gegenzugs bedürfen, so wird der zu diesem Zweck am günstigsten situirte M. sternocleidomastoideus in Anspruch genommen. Er ist ausser dem hintern Bauche des

Digastricus und dem Trachelomastoideus derjenige Muskel, welcher an dem unbeweglichsten, d. h. von der Horizontalebene am wenigsten abweichenden Punkte des Schädels (Processus mastoideus) entspringt, und dessen Ursprung daher, bei gerader Haltung der Halswirbelsäule, so gut als unbeweglich angesehen werden kann. Denn die beiden Processus mastoidei, namentlich deren vordern Portionen, liegen fast genau in der durch die Gelenkköpfe des Hinterhauptbeins gezogenen Drehungsaxe des Schädels, so dass auch bei den Hebelbewegungen des Kopfes auf dem Atlas diese Fortsätze fast stets genau mit der Horizontalebene zusammenfallen. Auf diese Weise vermögen beide Sternocleidomastoidei bei gerader Haltung des Halses, wie sie zur Erzeugung starker Töne erforderlich ist, durch ihre Kontraktion nur das Sternum und die Clavicula aufwärts zu ziehen, während ihre obern Insertionspunkte unverrückt bleiben, mag nun dieser Zug ein wirklich ausgiebiger, oder, wie in unserem Falle, ein nur hemmender sein. Demnach muss sich der M. sternocleidomastoideus bei jeder Tonschwellung, bei jedem phonischen Forte zusammenziehen, anschwellen, hart werden und am Halse vortreten. Aber das ist nicht seine einzige, zu phonischen Zwecken veranstaltete Leistung. Durch diese Veränderungen der Konsistenz und Lage dieser beiden Muskeln wird der Kehlkopf, der zwischen ihnen liegt, von beiden Seiten her komprimirt, gleichsam eingekeilt, so dass er weder links noch rechts sich verrücken kann. Ob und in wie weit daraus Wirkungen auf die Tonabstufung hervorgehen, werden wir später kennen lernen.

Nach diesen Erörterungen ist es, wie ich glaube, klar, dass die bei den phonischen Phänomenen zu beobachtenden Veränderungen des Kehlkopfstands zweierlei beabsichtigen, erstens das Verhältniss zwischen den Räumlichkeiten des Wind- und Ansatzrohrs zu verändern, zweitens die gegenseitige Stellung des Schildknorpels zum Ringknorpel und zu den darauf fest sitzenden Schneppenknorpeln behufs der Tonabstufung, zunächst der Längenspannung und Abspannung der Stimmbänder, zu modificiren. Wir können uns jetzt ohne weitere Schwierigkeit erklären, warum die genannten beiden Knorpel von Natur so gebildet sind, wie sie sich uns darbieten, wir kennen jetzt die Bedeutung des vorspringenden Pomum, der Krümmung des obern Rands, den Nutzen der beiden Hörner, der Linea obliqua, der verschiedenen Bänder u. s. w. des Schildknorpels; ferner den Nutzen der verschiedenen Winkel, unter welchen sich die Fasern der äussern Kehlkopfmuskeln inseriren, warum der eine Muskel lange, der andere kurze, andere wieder ungleich lange Fasern besitzen. Ja wir können jetzt auch einsehen, warum der verhältnissmässig schwere, und keineswegs in seinem Schwerpunkt, sondern weit hinter demselben am Ringknorpel angeheftete, also fortwährend nach vorn zu fallen strebende Schildknorpel mit seinem beweglichsten Theile an einem Knochen (mittels des Ligam. hyothyreoid. medium) aufgehangen ist, der mindestens ebenso beweglich ist, als er selbst; warum ferner der Ringknorpel weit fester steht, und bei dem hohen Elasticitätsmodulus des sehr schmalen Lig. cricotracheale schwerer aufwärts sich ziehen lässt, als der Schildknorpel abwärts; warum der erste Luftröhrenring so breit und so häufig mit dem 2. verwachsen ist; warum der Isthmus faucium sich bei hochgehobenem Kehlkopfe verengert, bei tief stehendem erweitert u. s. w. Ueberhaupt haben wir die Leistungsfähigkeiten der äussern, grössern Kehlkopfmuskeln nach mehrern neuen Seiten hin zu übersehen gelernt, und

dabei namentlich gefunden, dass die Verkürzung der Stimmbänder auch ohne innere Muskelarbeit möglich ist.

Durch die Längenspannung wird auch, wie wir wissen (S. 547), die Neigung der Glottis vermehrt; und dadurch der Widerstand, den die Bänder dem Luftstrom entgegensetzen, ausgeglichen, so dass die Spannung der ansprechenden Luft für Erhöhung der Töne nicht zuzunehmen braucht: auch ein Mittel für Erhaltung der Gleichartigkeit der Töne. — Gehen wir jetzt von den äussern Theilen des Kehlkopfs zum Innern desselben über, und betrachten zunächst, was während der verschiedenen Verschiebungen des Schildknorpels mit den an ihm und an den Schneppenknorpeln aufgespannten Stimmbändern vorgeht, so unterliegt es keinem Zweifel, dass dieselben bei Vorwärtsbeugung des Schildknorpels in die Länge gespannt, bei Rückwärtsbeugung verkürzt werden. Da diese Verkürzung schon freiwillig erfolgen würde, wenn nicht die Mm. cricothyreoid. und beziehendlich hyothyreoid. die Bänder auf ihrer Gleichgewichtslänge erhielten, so erfolgt diese Verkürzung natürlich schneller und leichter, als die Verlängerung im umgekehrten Falle, in welchem der Elasticitätsmodulus der Stimmbänder zu überwinden ist. Daher fällt der Kehlkopf behufs der Tonvertiefung vom phonischen Nullpunkt ab im Allgemeinen in grössern Schritten, und bedarf dazu eines weit geringern Muskelapparats, als der entgegengesetzte Vorgang.

Wie viel die grösste Längenspannung der Stimmbänder, die im Leben vorkommen kann, austrage, das dürfte wohl schwer zu bestimmen sein, doch lässt es sich einigermaassen aus dem Betrage des Vorrückens des Pomum bei dem Angeben hoher Töne, sowie aus dem der Beweglichkeit beider Knorpel zu einander an ausgeschnittenen Kehlköpfen berechnen. An mir selbst habe ich ein Vorrücken des Pomum bis zu 3‴ beobachtet (s. weiter unten), an ausgeschnittenen Kehlköpfen fand ich die Mobilität beider Knorpel gegen einander sehr verschieden. Am Kehlkopf des mehrmals erwähnten Operntenoristen war sie verhältnissmässig sehr gering, sie betrug bei 6‴ Stimmbandlänge kaum 1‴. An andern, namentlich weiblichen Kehlköpfen betrug sie ein Fünftel bis 1 Viertel der Indifferenzlänge der Stimmbänder. Jener Betrag von 3‴ darf durchaus nicht als Maassstab für Verlängerung der Glottis betrachtet werden. Denn erstlich ist davon der Betrag der Verdickung der Pharynxwände bei deren Verkürzung abzuziehen, ferner ein kleiner auf die Stimmfortsätze zu rechnender Mehrbetrag der Vorziehung des Kehlkopfs, der von der Wirkung der Geniohyoidei und Digastrici bedingt ist, drittens die bei Aufsteigung des Kehlkopfs zu überwindende Konvexität der Halswirbelsäule; so dass wir die ganze, bei höchster Anspannung der Glottis zu erzielende Verlängerung der Stimmbänder eines Erwachsenen selten auf mehr, als 1‴ oder $1/_6$ der Nulllänge der Bänder annehmen dürfen. Welchem Maasse von Tonerhöhung entspricht aber eine solche Verlängerung? Da diese Frage merkwürdiger Weise bisher noch gar nicht auf dem Wege des Experiments gelöst worden ist, so stellte ich folgende Versuche an.

1) Versuche mit vulkanisirten Kautschukbändern. — Ein solches Kautschukband von 2″ 9‴, bei welcher Länge es schon etwas über seine grösste Verkürzung gespannt war, gab pizzicato den Ton F; um $1/_6$, also auf 3″ $3^1/_3$‴ durch Spannung*) verlängert gab es den Ton B, der also 1 Quarte höher

*) Ich hatte es über die Schenkel eines Tasterzirkels gestülpt, den ich weiter öffnete, um das Band zu spannen.

lag. Ein ähnliches Band, 8‴ breit, $2^3/_4$″ lang, gab ungespannt D, welcher Ton durch Längenspannung bis auf mindestens 4″ sich auf G (weiter nicht) erhöhte. Ein etwas dünneres Band von 1″ 4‴ Länge (mässige oder mittlere Spannung) gab den Ton e, nach einer Längenspannung um 3‴ (= $^1/_6$ der vorigen Länge) gab es den Ton fis, also nur eine Sekunde Erhöhung. Noch auffallender war das Ergebniss an einem andern Kautschukbande, welches bei 3″ Länge und geringer Spannung über seinen Indifferenzzustand den Ton B gab, und bei beliebiger Verlängerung auf $3^1/_2$, 4, $4^1/_2$″ u. s. w., wofern die ursprünglich eingeklemmte Partie unverkürzt blieb, diesen Ton nicht veränderte. Ebenso wenn ich es Anfangs zu $1^1/_2$″ Länge nahm, und dann beliebig durch Zug verlängerte, gab es stets den Ton fis oder g. Ueberhaupt fand ich, dass vulkanisirte Kautschukbänder von einer gewissen Länge nur bei den ersten Graden der Längenspannung ihren anfänglichen oder Grundton erhöhen, bei wachsendem Längenzuge nicht mehr. Kleinere Stücke von Kautschukband zeigen das Verhalten am deutlichsten. Ein Stück starkes Band von 4‴ Breite und ziemlich 1 Millim. Dicke, das 14‴ lang war, gab bei 0 Längenspannung den Ton g, bei Längenzug auf 15‴ a, bei 16‴ h, bei 17‴ c^1, bei 18‴ d^1; aber von nun an mochte ich in die Länge ziehen, so weit ich wollte, der Ton blieb konstant d^1. Ich zerschnitt nun dies Band der Länge nach, so dass es halb so schmal wurde, und stellte es zu 12‴ Länge ansprechfertig ein. Der Ton war bei 0 Spannung c^1, eine Verlängerung um etwa das Doppelte (2″) erzielte eine durch weitere Verlängerung nicht überschreitbare Tonerhöhung von nur 1 Tertie (e^1). Auch wenn ich von dem anfangs gebrauchten 8‴ breiten Bande nur ein kürzeres Stück von 2″ Länge und Null-Spannung, wobei es den Ton B gab, in die Länge dehnte, so konnte ich dadurch nur eine Erhöhung von einer grossen Tertie erzielen, welche auf der Länge $2^3/_4$″ eintrat. — Ich nahm nun ein ganz neues, noch zusammenhaftendes Doppelband von 4‴ Breite und liess es bei 1″ Länge tönen. Der Ton war a, durch Zug bis d^1 erhöhbar. Dasselbe Band in gleicher Länge einfach, also halb so dick, intonirt und allmälig verlängert, ergab caeteris paribus fast gar keine Veränderung. Aber ein noch schmäleres (2‴ breites) Band gab bei $1^1/_4$″ Länge ungespannt den Ton c, der durch Längenzug bis auf a zu bringen war, also eine Erhöhbarkeit von 1 Sexte zeigte, während dieselbe in den andern Fällen gewöhnlich nur 1 Quarte betrug. Demnach findet hier die bei elastischen Saiten gültige Regel, dass dieselben bei doppelter Dicke oder Schwere caeteris paribus die doppelte Zahl Schwingungen machen, keine Anwendung. Aber je stärker der Elasticitätsmodulus von Haus aus, desto weniger Längenzug reicht hin, um eine merkliche Tonerhöhung zu erzeugen: bis jetzt habe ich aber an vulkanisirten Bändern diese Erhöhung nur einmal über 1 Quinte betragend beobachten können.

2) Versuche mit naturellen Kautschukbändern. — Ein rohes Kautschukband $1^1/_2$‴ breit, $9^1/_2$‴ lang gab ohne künstliche Spannung befestigt pizzicato intonirt den Ton a^1. Durch allmälige Ausdehnung bis 14—15″ erhöhte sich dieser Ton auf a^2, also um eine ganze Oktave. — Ein dünneres, leichter dehnbares Band von 7‴ Länge ergab auf gleichem Wege einen Tonumfang von c^1—h^1 = 1 Septime. Dazu musste es etwa bis auf $1^1/_2$″ Länge ausgedehnt werden. — Bänder, deren Dicke zur Breite sich verhält, wie 1:4, müssen erst durch einen gewissen Längenzug verdünnt werden, um überhaupt in stehende Schwingungen gerathen zu können. Sind sie dann bis zu einem gewissen Maximum oder Longissimum ausgezogen worden, so kehren sie nach

Wegnahme des Gewichts nicht wieder ganz zu ihrem vorigen Minimum oder Brevissimum zurück. Auch fällt die Tonlage eines solchen Bandes bei Wiederholung der Ausdehnung gewöhnlich um ein Paar Stufen. Der Tonumfang betrug hier etwa sechs bis sieben Stufen der diatonischen Scala.

Bei diesen Versuchen, behufs welcher ich die Bänder erst zuschneiden musste, machte ich überhaupt die Beobachtung, dass ein Stück Kautschuk erst dann fähig wird, in gute stehende Schwingungen zu gerathen, wenn es wirklich bandmässig vorgerichtet wird, d. h. wenn die Dimension der Dicke eine auf der ganzen Fläche möglichst gleichbleibende und zu der der Breite mindestens in einem Verhältniss = 1 : 5 stehende ist. Beilförmig zugeschnittene Bänder geben auch bei sonst genügender Länge einen sehr kurzen, leeren Ton; auch strebt ein solches Band beim Zuge in seiner Mitte sich dieser Dimensionsungleichheit zu entledigen. Sie vertragen ferner keinen langen Zug und reissen bald.

Diese Versuche, obwohl noch ziemlich roh und an Zahl gering, führen doch schon zu folgenden, sichern Resultaten.

a. Ein elastisches Material macht dann erst die behufs stehender Schwingungen erforderlichen Funktionen seiner Elasticität geltend, wenn es die sogenannte Bandform erhalten hat, d. h. wenn es bei beliebiger Länge eine gleichbleibende Breite und eine wenigstens ziemlich auf allen Punkten seiner Fläche gleichbleibende Dicke von mindestens $^1/_5$ seiner Breite besitzt.

b. Ein solches elastisches Band erhöht seinen Grundton, d. h. den Ton, den es bei Mangel aller Längenspannung pizzicato giebt, und dessen Schwingungszahl zunächst von seiner Länge und Dichtigkeit, weniger von der Dicke und Breite bestimmt wird, durch Längenspannung bis zu einem gewissen, durch ferneren Längenzug nicht überschreitbaren Maximum (Altissimum).

c. Der Betrag des so zu erzielenden Tonumfangs hängt ab: von der Länge des Bandes; kürzere Bänder geben caeteris paribus eine grössere Reihe von Tönen, als längere; vom Elasticitätsmodulus des Bandes, daher geben naturelle Kautschukbänder einen grössern Tonumfang, als die leichter dehnbaren vulkanisirten; vom Grad der ursprünglichen Spannung, daher ergaben (vulkanisirte) Bänder, wenn sie schon etwas über ihren Indifferenzzustand gespannt waren, bisweilen gar keine Tonerhöhung durch weitere Verlängerung.

d. Der Betrag der Längenzunahme des Bandes bis zur Erreichung des Altissimum steht zu dem Elasticitätsmodulus und zur Breite des Bandes in umgekehrtem Verhältniss. Breitere Bänder brauchten zur Erreichung ihres höchsten Tones nicht so lang gedehnt zu werden, als schmale oder dünne. Bei verhältnissmässig breiten und renitenten Bändern genügte eine Verlängerung um $^5/_9$ oder 56% der anfänglichen Länge; bei schmalen, dünnen und leicht dehnbaren Bändern war eine Verlängerung um 100—150% der anfänglichen Länge erforderlich.

In dieser Hinsicht unterscheiden sich also die Stimmbänder des menschlichen Kehlkopfs bedeutend von den Kautschukbändern, indem ein Längenzug, der bei diesen etwa um 1 Quarte, höchstens 1 Quinte erhöht, bei jenen (am ausgeschnittenen Kehlkopf) eine Erhöhung von mehr als 1 Oktave zu Wege bringt. Da nun zur Erzielung des höchsten Tones am ausgeschnittenen Kehlkopf eine Längendehnung von etwa $^1/_3$ der ursprünglichen oder Indifferenzlänge der Bänder erfordert wird, so dürfte, die Summe jener Tonerhöhung durchschnittlich zu 1 Duodecime angenommen, während des Lebens

bei einer Längendehnung um $1/_6$ eine Tonabstufung innerhalb einer Sexte möglich sein.

Bei der Längenspannung der Stimmbänder werden die obersten Fasern derselben verhältnissmässig mehr verlängert und also stärker gespannt als die tiefern, wie schon aus den anatomischen Verhältnissen hervorgeht: s. S. 110. Denn bei diesem Vorgange bleibt die hintere Insertionsstelle Fig. 165 *a b* fast unverändert, während die vordere *c d* nach vorn und unten rückt und *c' d'* wird. Jetzt verhält sich *c' a* : *d' b* nicht mehr = *c a* : *d b*, weil *a b* seine Richtung nicht mit *e g* verändert hat, daher auch nicht mehr zu *e g* parallel läuft, und weil jetzt *c' a* mehr an Länge gewonnen hat, denn *d' b*. Diese Anordnung war deshalb nöthig, weil die der Linie *c a* entsprechende Randzone des Stimmbands wegen ihrer Dünnheit und grösseren Entfernung von den Muskelfasern einen geringern Elasticitätsmodulus hat, als *d b*, das schon der mittlern Zone entspricht. Es würde daher, wenn *c a* nicht stärker gedehnt würde, als *d b*, der Ton unrein ausfallen, weil *d' b* etwas mehr Schwingungen in einer gewissen Zeit machen würde, als *c' a*.

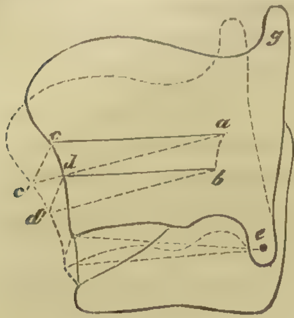


Fig. 165.

Die Längenspannung der Stimmbänder ist nun aber, wie wir schon aus den mit Kautschukzungen angestellten Versuchen wissen, nicht das einzige tonabstufende Mittel. Wenn die Längendimension der Stimmbänder zunächst mittels der durch Auf- und Abwärtszug des ganzen Kehlkopfs bedingten Neigungsänderung der Linea obliqua modificirt wird, so muss nothwendig der Betrag dieser Modifikation, die Grenzen, innerhalb welcher die Stimmbänder verlängert und verkürzt werden, geringer ausfallen, sobald der Kehlkopf, wie es bei Erzeugung starker Töne beobachtet wird, seine Stellung am Halse wenig verändert. Der M. cricothyreoideus kann in diesem Falle auch nicht viel thun, da der Schildknorpel nach zwei oder drei Richtungen fest angezogen ist: wir müssen uns daher nach andern tonabstufenden Elementen und Veränderungen umsehen, welche die Stimmbänder bei den phonischen Phänomenen erleiden. Hier bieten sich uns zunächst die verschiedenen Abstände derselben von einander dar, also die sogenannte Glottis selbst, über deren Begriff wir nun wohl auch ins Klare zu kommen hoffen dürfen. Vor allen Dingen sind es die Dimensionsveränderungen, zunächst die Differenzen der Weite und der Tiefe der Glottis, welche wir als ein ferneres tonabstufendes Moment zu betrachten haben. Wir haben hier zuerst zu fragen, was überhaupt unter Weite der Glottis zu verstehen ist; sodann, welche Muskelaktionen bei den Modifikationen dieser Glottisweite stattfinden, und welche Einflüsse dieselben auf den Ton haben.

Unter Weite der Stimmritze bei Schluss der Glottis cartilaginea verstehen wir in anatomischem Sinne den Abstand der mittlern Partien der beiden Stimmbandränder von einander, und zwar vor Beginn der Schwingungen, vor dem Glottisschluss, vor dem Toneinsatz, beim Ruhezustand des M. vocalis. Dieser Abstand ist nach den Beobachtungen am todten sowohl als am lebenden Stimmorgan bei tiefem Kehlkopfstande und für tiefe Töne grösser, als bei hohem Kehlkopfstande und für hohe Töne. Denn bei tiefem Kehlkopfstande ist die Glottis, wie wir unlängst gesehen haben, durch

Wirkung der äussern Kehlkopfmuskeln kürzer und dadurch ihre Wände schlaffer geworden; sie steht dann schon für gewöhnlich weiter offen, und wird durch den Druck der exspirativen Luftsäule, so lange dieselbe noch nicht zur Tonbildung verwendet wird, noch mehr erweitert. Bei hohem Kehlkopfstande findet allenthalben das Umgekehrte statt: die Glottis ist verengt, ihre Wände gespannt. Der Betrag der anatomischen Glottisweite scheint auf Grund der Beobachtungen am todten Organ auch bei tiefen Tönen oder bei stark verkürzter Glottis $^1/_{12}$ — $^1/_8$ der vorhandenen Glottislänge nicht überschreiten zu dürfen, wenn die Stimmbänder durch den Luftanspruch einander mit ihren Rändern genähert und in stehende Schwingungen versetzt werden sollen. Mag aber die Glottis vor dem Toneinsatze weiter oder enger gewesen sein, so verschwindet diese Dimension sofort, sobald der zu bildende Ton eingesetzt wird oder sich einsetzt. Im ersterem Falle (Brustregister) schliesst sich hier die Glottis (durch Kontraktion des M. vocalis, s. w. u.) schon vor Beginn des Schwingungsvorgangs, um sich während der Bildung der Schwingungen momentan wieder zu öffnen und zu schliessen; im andern Falle (Falsetregister) schliesst sie sich erst bei Beginn des Schwingungsvorgangs, dessen erstes Moment hier eine die Stimmbandränder einander bis zur Berührung nähernde Rekursion ist, worauf die Glottis excurrendo sich wieder öffnet. Der Betrag, um welchen sich die Stimmbandränder während dieser Oeffnungen oder Exkursionen bei einer gewissen Tension der exspirativen Luftsäule von einander entfernen, nennen wir die phonische Glottisweite. Es steht diese in geradem Verhältniss zu dem Breiten- oder Querdurchmesser der sogenannten Schwingungsphäre, oder den Grenzen, bis zu welchen die beiden Stimmbänder während ihrer Schwingungen aus ihrem Gleichgewichtszustande gebracht werden. Die phonische Glottisweite ist um so grösser, je mehr Luft von gleichbleibender Spannung in einer gewissen Zeit durch die Glottis geführt werden muss, um die Stimmbänder in die den geforderten Ton gebenden Schwingungen zu versetzen. Ausserdem hat aber die Schwingungssphäre eine gewisse Tiefe, weil ja die Stimmbänder selbst bei ihrer prismatischen Gestalt ausser der Länge und Breite auch nach dieser letztern Dimension ausgedehnt sind, innerhalb derselben 3 Zonen darbieten, und dieselbe auch bei ihren Schwingungen, namentlich den der Brusttöne, geltend machen; wodurch die Schwingungen, wie wir weiter unten näher erörtern werden, ausser der transversalen auch eine latitudinale Richtung oder Axe erhalten.

Hiernach haben wir endlich auch den Begriff „Stimmritze" zu konstruiren. Stimmritze ist der Raum zwischen den beiden Stimmbändern, so weit dieselben gerade schwingen und durch ihre Schwingungen zum Tone beitragen. Bald liegt demnach die Stimmritze nur zwischen den beiden obern Zonen der Stimmbänder, bald zwischen den obern und mittlern zusammen, bald zwischen allen drei Zonen. Wir haben also nicht nur die Stimmritzenränder zu unterscheiden, d. h. den scharfen am meisten einwärts vorspringenden Saum beider Stimmbänder, sondern auch die Stimmritzenwände, d. h. die Fläche, welche an jedem Stimmband vom Rand an nach unten sich ausdehnt, und welche nach innen, gegen die des andern Bandes zugekehrt ist. Früher wurde der zwischen den Stimmritzenwänden oder zwischen beider 2. und 3. Zone gelegene Raum nicht mit zur Stimmritze gerechnet, und (z. B. von Harless) der Raum zunächst unter der Stimmritze genannt.

Aus der Länge, Breite und Tiefe der Schwingungssphäre lässt sich nun deren Umfang, Grösse oder kubischer Inhalt konstruiren. Vergleichen wir jene drei Dimensionen der Schwingungssphären der verschiedenen Töne eines und desselben Individuums mit einander, so finden wir, dass bei gleichbleibender Lufttension (welche Grösse, wie wir noch weiter untersuchen werden, dem Grad der Tonstärke proportional ist) die Länge der Schwingungssphäre zur Tiefe in geradem, zur Breite in umgekehrtem Verhältniss steht; d. h. je länger die Stimmbänder gespannt sind, eine desto breitere Zone der Glottiswandungen wird in Schwingungen versetzt, desto weniger weit exkurrirt aber dieselbe. Was die Schwingungssphäre also (bei hohen Tönen) an Länge gewinnt, verliert sie an Breite; ihr kubischer Inhalt bleibt aber dabei derselbe. Dadurch ist es möglich, dass alle Töne eines Individuums bei gleicher Tonstärke gleiche Grösse erhalten können, denn die Grösse eines Tones hängt, wie wir wissen, vom Umfang des schwingenden Materials und der Schwingungssphäre ab. Die phonische Glottisweite steht also caet. par. zum Spannungsgrade der Stimmbänder in umgekehrtem Verhältniss, weil bei gleichbleibender Spannung die durchstreichende Luft nachgiebigere Glottiswände stärker zur Seite verschiebt, als straffere. Sobald sich aber das Maass der Luftgebung, der Spannung der durch die Glottis streichenden Luftsäule vermehrt, nimmt auch die Glottisweite zu. Den höchsten Punkt, bis zu welchem diese Vermehrung möglich ist, nennen wir das Maximum der phonischen Glottisweite, bei welchem als oder Ton seine grösste Klangfülle und Stärke besitzt.

Dieses Maximum der phonischen Glottisweite oder des in der Mitte geführten Querschnitts der Schwingungssphäre liegt nicht auf der tiefsten Grenze der bei der angegebenen Disposition dem Individuum möglichen Tonreihe, sondern einige Stufen höher, nach der Mitte dieser Reihe zu. Denn die tiefsten Töne derselben, wobei die Stimmbänder noch gar nicht über den Indifferenzzustand gespannt sind, kommen nur bei einem Luftdruck zu Stande, welcher wenig Steigerung erlaubt, dergestalt, dass, wenn dieses Maass der Steigerung überschritten wird, die Glottis auf eine Weite kommt, bei welcher sie nicht mehr zur Phonation fähig ist. Daher liegen die besten, vollsten, kräftigsten, schwellbarsten Töne eines Sängers nicht in der grössten Tiefe seines Tonbereichs, sondern mehr in der Mitte desselben. Der tiefste (Brust-) Ton ist nun derjenige, bei welchem die Stimmbänder so weit erschlafft sind, dass nur bei sehr geringer Luftgebung noch Tonschwingungen möglich sind, die aber sofort wegbleiben oder in ein rauhes Geräusch übergehen, sobald die Lufttension bei gleichbleibendem Renitenzzustande der Glottiswände verstärkt wird, oder wenn (beim Strohbass) die Spannung des M. cricothyreoid. in gleichem Maasse unter ihren Indifferenzzustand oder Nullpunkt sinkt, die Spannung der Luftsäule und der Stimmbänder ab-, die Kontraktion und Verkürzung des Stimmbandmuskels dagegen erheblich zunimmt. Bei diesem Tonregister ist also die Glottis mehr verengt, als sie der Tonstufe nach sein sollte, alle Gebilde der Stimmbänder sind sehr verkürzt, und die Glottiswände durch sphinkterische Kontraktion des Schliessmuskelapparats bei Mangel an Gegenwirkung seiten des M. cricothyreoideus gegen einander bewegt. Der Kehlkopf steht dabei höher, als für Brusttöne von gleicher Tiefe, weil eben weniger Luft auf einmal durch die Glottis streicht; doch steigt er auch nicht so hoch, als sonst für Töne, die bei gleicher Glottislänge erzeugt werden, vielleicht deshalb, damit nicht durch Verkürzung

des Ansatzrohrs die Schwingungszahl des Tons erhöht werde. Das Minimum der phonischen Glottisweite wird erreicht, wenn die Stimmbänder in gleichem Maasse der Länge nach gespannt, gleichzeitig durch aktive Kontraktion des M. vocalis starr und renitent geworden und durch die von den Seiten drückenden Kräfte gegen einander gepresst worden sind: es gehören hierher die höchsten Töne beider Register, welche überhaupt dem individuellen Stimmorgan möglich sind. Bei den Fisteltönen erweitert sich jedoch die Glottis für dieselbe Tonstufe und bei gleicher Lufttension mehr, als bei dem amphoteren Brusttone; es müssen sich also auch die Stimmbänder durch einen Luftstrom, welcher dieselben sonst in volle Zungenschwingungen zu versetzen fähig ist, leichter erweitern lassen: der M. thyreoarytaen. muss also hier weniger gespannt sein. Ist aber dies der Fall, so wird wohl dafür behufs der Tonerhöhung der Musc. cricothyreoid. und dessen Gehülfen in grössere Thätigkeit gerathen und dadurch die elastische (Rand-) Zone der Stimmbänder auf einen Spannungsgrad kommen müssen, welcher dem geforderten Tone entspricht. Darüber sprechen wir bald ausführlicher.

Dass das Lumen der Glottis sich mit der Tonstufe verändert, hat bereits Liskovius richtig vermuthet, sein Fehler war nur dabei, dass er glaubte, diese Dimensionsänderungen seien eine Funktion oder Wirkung des Auf- und Absteigens des Kehlkopfs. Nach dem, was wir zu Eingang dieses Kapitels über die Mechanik dieser Bewegungen kennen gelernt haben, dürfen wir wohl diesen Liskovius'schen Satz geradezu umdrehen. Schon beim ruhigen, noch mehr beim tiefen, aber tonlosen Einathmen erweitert sich die Glottis, folglich auch die Luftröhre; diese wird dadurch, so wie in Folge des Herabsteigens des Zwerchfells, kürzer, der Kehlkopf kommt also schon aus dieser Ursache in entsprechendem Grade tiefer zu stehen. Beim Ausathmen, selbst beim tonlosen, verengt sich die Glottis, um so mehr, je mehr Luft schon exspirirt worden ist; die Luftröhre muss sich dieser Abnahme akkommodiren, sie verengt sich, wird dadurch, so wie in Folge des Aufsteigens des Zwerchfells, ein wenig länger, und der Kehlkopf steigt im Verhältniss aufwärts. Bei der Phonation verhält es sich nicht anders. Zur Bildung langsamerer, einen tiefern Ton gebender Schwingungen bedarf es, wenn die Länge der Glottis sich nicht in gleichem Verhältniss mit der Schwingungszahl ändern soll, einer voluminösern, durch eine tiefe, mit Erweiterung der Glottis und der Luftröhre begleitete Inspiration zu erzielenden Luftsäule, die bei der grossen phonischen Glottisweite in grössern Raten konsumirt werden soll, weshalb die Luftröhre sammt dem Kehlkopf tiefer herabgezogen wird. Bei Erzeugung rascherer, höhere Töne gebender Schwingungen ist aus dem entgegengesetzten Grunde ein dünnerer, gespannterer Luftstrom erforderlich; die Glottis wird hierzu verengt, die Luftröhre zieht sich gleichfalls zusammen, und wird dadurch etwas länger, der Kehlkopf rückt aufwärts. Natürlich ist dies aber nicht die einzige Ursache des verschiedenen Kehlkopfstandes: eine zweite, weit ergiebiger wirkende haben wir vor Kurzem bereits kennen gelernt, und über die dritte, welche die Dimensionen des Ansatzrohrs betrifft, werden wir weiter unten sprechen. Auch der Timbre-Unterschied bedingt gewisse Modifikationen. Beim Timbre clair (nebst Strohbass) wird weniger Luft konsumirt, als caet. par. beim Timbre obscur und bei starken Tönen, daher der Kehlkopf bei jenem höher, bei diesem tiefer steht. Beim Falset scheinen mehr die Einflüsse des Ansatzrohrs hervorzutreten, doch macht sich auch hier die Luftsäule des Wind-

rohrs geltend, die hier im Allgemeinen eine rascher sich ergiessende, obwohl weniger gespannte ist, als beim Brustregister; woraus ferner hervorgeht, dass hier die Glottis caet. par. weiter geöffnet ist, als bei letzterem Register, zumal da, wenigstens für Tonfiguren, die innerhalb nur weniger Stufen sich bewegen, die Kehlkopfbewegungen verhältnissmässig auffälliger sind, als caet. par. beim Brustregister. Beim Crescendo steigt hier der Kehlkopf, weil dabei die Glottis zur Erzielung einer grössern Tension verengt, nicht erweitert werden muss. Genauer werden wir diese Verhältnisse der Luftsäule weiter unten untersuchen. — Demnach hängt der Kehlkopfstand ausser der durch die Muskeln der schiefen Linie zu modificirenden Längendimension auch von der Weite der Glottis und Luftröhre ab, nicht umgekehrt, wie Liskovius will.

Die bei der Verengerung und Erweiterung der Glottis betheiligten Muskeln sind keine andern, als die, welche wir bereits früher (S. 162) als Schliessungsorgane der Glottis kennen gelernt haben. Der M. thyreo-arytaenoideus (in- et externus) strebt bei der kontraktiven Geradrichtung seiner Fasern die bei indifferenter Glottis krummen oder ausgeschweiften Stimmbandränder gerade zu machen, die Stimmritze dadurch bis zum linienförmigen Spalt zu verengen, und bei fortgesetzter Verkürzung seiner Fasern gleichfalls zu verkürzen, wofern ihm nicht durch gleichzeitige, der seinigen und überhaupt der beabsichtigten Tonstufe u. s. w. angemessenen Kontraktion des M. cricothyreoideus entgegen gearbeitet wird. Der M. aryarytaenoideus opponirt sich dem die Glottis zu erweitern und namentlich die Stimmfortsätze wieder von einander zu entfernen strebenden Seitendruck der Luftsäule, die von aussen her drückenden Muskeln treten nur für gewisse Tonverstärkungen und Erhöhungen in Kraft.

Die phonische Glottisweite steht im Allgemeinen, zunächst für die Brusttöne, in synergischem, umgekehrtem Verhältniss zur Konsistenz und Renitenz der Glottiswände, sowie zur Längenspannung der Glottis, zur Tension der Luftsäule und zur Schwingungszahl des Tons; in geradem Verhältniss dagegen steht sie zur Tiefe der Glottis, während der Luftaufwand und die davon abhängige Tongrösse von der Weite der Glottis, wie schon erwähnt, so ziemlich unabhängig ist. Alle diese und noch einige andere auf die Abstufungen des Tones einflussreichen Verhältnisse müssen wir in Folgendem speciell betrachten und vergleichen.

Muskelwirkungen im Innern des Kehlkopfs.

Nach Harless' Versuchen (S. 558) geben organisch gespannte Muskeln caet. par. tiefere Töne, als nicht gespannte, und kann diese Vertiefung des Tones 4 Stufen betragen. Es würde demnach bei gespanntem Thyreo-arytaen. auch dann der Ton tiefer, als bei fehlender Spannung, aber sonst gleichbleibenden Glottisdimensionen ausfallen, wenn durch gewisse seitlich wirkende Einflüsse die dabei sonst stattfindende Verengung der Glottis verhütet würde. Es würde ferner, was vielleicht gerade nöthig ist, der tonerhöhende Einfluss der Verengung und beziehendlich Verlängerung der Glottis durch diesen vertiefenden Einfluss der Muskelspannung kompensirt, d. h. die Schwingungen des Stimmbands retardirt und regulirt werden können. Endlich könnte dieses tonvertiefende Mittel (wenn es sich als solches bestätigt) sehr gut zur Kompensation bei der Tonverstärkung verwendet werden, indem dadurch die ausserdem stattfindende Tonerhöhung, die nach Müller's und

andern (auch meinen) Versuchen etwa eben so viel beträgt, als jene Tonvertiefung, verhütet würde, ohne dass dazu eine Verkürzung der Stimmbänder u. dergl. erforderlich wäre. Dabei ist aber noch Folgendes zu erwägen. Wenn man einen dünnen Muskel vor der Kontraktion mittels eines Luftstromes in Schwingungen versetzt, so werden seine Bündel, weil sie weich sind, jedenfalls durch den Druck der Luft platt gedrückt, und es wird so eine Zunge von geringerer Dicke gebildet werden, als wenn die Bündel kontrahirt, dadurch fest geworden sind und dem Luftdruck mehr Widerstand leisten. Dann wird die Zunge dicker und muss tiefere Töne geben. Nach dieser Ansicht würde die Tonvertiefung nicht nur von der organischen, die Muskeln (auch bei gleichbleibender Länge derselben) spannenden oder hart machenden Kraft, sondern auch davon abhängen, dass eine dickere, strangförmige Zunge caet. par. einen tieferen Ton geben muss, als eine dünnere, membranartige. Wenn wir also auch die Harless'schen Versuche, so lange sie noch nicht von Andern bestätigt und ergänzt worden sind, noch nicht als völlig maassgebend für unsere Untersuchungen ansehen dürfen, so steht doch so viel fest, dass das Muskelspiel des M. thyreoarytaen. in Verbindung mit den Spannungsänderungen der elastischen Portion der Stimmbänder ein sehr wichtiges tonabstufendes Moment abgiebt. So komplicirt, als sein anatomischer Bau, ist aber auch seine Wirkungsweise. Er wird merkwürdiger Weise bald zur Erhöhung, bald zur Vertiefung des Tones verwendet; eine Thatsache, die J. Müller zwar bereits gekannt, aber nicht erklärt hat. Um dies zu können, um ferner die wichtige Rolle zu erkennen, die der M. vocalis bei Erzeugung der beiden Stimmregister spielt, müssen wir uns vor Allem die anatomischen und physikalen Verhältnisse dieses Muskels sowie des ganzen Stimmbandkörpers noch einmal genauer vor Augen führen.

Wir haben bereits früher (S. 143) bemerkt, dass die sehnigen sich von der elastischen Membran der Stimmbänder seitwärts zwischen die Fasern des M. vocalis schlagenden und deren Fascien bildenden Ausläufer immer nur die oberflächlichen, der Membran zunächst liegenden Muskelfasern, nicht die tiefern betreffen. Es müssen daher erstere von letztern hinsichtlich ihrer Funktion unterschieden werden. Wenn die Stimmbänder durch Zug mittels der die Hebeldrehung des Schildknorpels bewirkenden Muskeln einschliesslich des M. cricothyreoideus verlängert werden, so werden die oberflächlichen Muskelfasern (des Stimmbands) mechanisch mit gespannt, die tiefern nicht, so lange sie nicht innervirt werden; es bleibt daher der Muskel im Ganzen weich und von der gespannten Luftsäule seitwärts ebenso wie aufwärts verdrängbar: die Schwingungen erstrecken sich nur auf die dem Rande zunächst liegenden Muskelfasern; die Exkursionsamplitude der schwingenden Zone dagegen strebt caet. par. grösser zu werden, als wenn der ganze Muskel hart und dadurch die Dichtigkeit und der Elasticitätsmodulus des ganzen Bandkörpers gesteigert worden wäre. Der Seitendruck der Luftsäule ist in ersterem Falle ausgiebiger, aber auch für den Schwingungsmechanismus unwirksamer, als der nach aufwärts gehende, und wegen der breitern Fläche mehr auf die untern Zonen austragend, als auf die obern oder die Randzone, auf welche er ihrer Schärfe wegen nur wenig wirken kann. Daher bleiben während der Wellenbildung die mittlere und untere Zone so weit von einander abgetrieben oder von einander entfernt, dass sie an den primären Tonschwingungen nicht mit Theil nehmen können; es schwingt daher nur die Randzone, und zwar halb über- halb gegenschla-

gend, weil die mittlere Zone nicht mit in die Schwingungssphäre gezogen ist. Dabei ist noch Folgendes zu berücksichtigen. So lange weder der M. vocalis, noch der Luftdruck in Thätigkeit getreten ist, steht die Glottis auch bei völligem Schluss der Knorpelglottis offen, ist lanzenförmig; aber durch den Seitendruck, den die Luftsäule auf den Stimmbandkörper ausübt, und welcher zunächst die untere und mittlere Zone gegen den Schildknorpelflügel schiebt, wird sekundär die Randzone des Stimmbands etwas nach innen geschoben, weil die Masse des Stimmmuskelapparats, die am harten Schildknorpel ein Hinderniss findet, und doch ihren anfänglichen Raum beizubehalten strebt, nur nach oben und innen ausweichen kann. Durch die Ausweichung nach oben wölbt sich die obere Stimmbandfläche, so weit sie nicht durch die Spannung ihres elastischen Ueberzugs daran gehindert wird. Durch die Ausweichung nach innen wird die Anfangs noch etwas offen stehende (anatomische) Glottis geschlossen, und so zum Anspruch oder Toneinsatz, der also mit dem Mechanismus der Rekursion geschieht, geschickt gemacht. Weil jedoch nur die Randzone diese Vorbereitung erleidet, ist erstlich ein so fester Toneinsatz, wie er bei Gegeneinanderlegung zweier Bandzonen stattfindet, nicht möglich; sodann muss auch die Tonlage eine weit höhere sein, als in letzterem Falle.

Wir müssen demnach die obere und mittlere Zone für die Beurtheilung der verschiedenen Stimmphänomene scharf von einander unterscheiden, und gleich a priori annehmen, dass beim Falsetregister nur die obere Zone in Schwingungen geräth, bei den Brusttönen ausser dieser noch mehr oder weniger von der mittlern Zone mitschwingt, und dass der Luftanspruch sich diesen verschiedenen Spannungsgrössen oder gespannten Massen der Stimmbänder akkommodiren muss. Die Fisteltonschwingungen können also keine vollen oder so vollen Zungenschwingungen sein, als die der Brusttöne, wie wir dies schon aus dem Timbre und sonstigen Eigenschaften dieser Töne früher zu schliessen geneigt waren. Es kann also bei den Fisteltönen caet. par. nicht so viel Stimmbandmaterial zungenmässig schwingen, als beim Brustregister. Es klingt fast, als ob beiderseits nur eine (beweglichere) Membran bei der Fistel schwänge, bei den Brusttönen eine dicke und dichte Saite oder ein elastischer Stab. Die prismatische Anordnung der Fasern des Stimmbandkörpers oder des M. vocalis erleichtert den allmäligen Uebergang vom Weniger zum Mehr der primären Mitschwingung der gespannten Masse des Bandkörpers, den Uebergang also vom Piano zum Forte, wie er sich bei gut organisirten Bändern auf den mittlern Tönen des Brustregisters, sowie auf den meisten amphoteren Tönen ohne grosse Schwierigkeit bewirken lässt.

Da nun die Insertionsstellen der mittlern und untern Zone der Stimmbänder, namentlich die vordern, unter fast allen Umständen, sobald die Stimmfortsätze der Schneppenknorpel einander bis zur Berührung genähert sind, unverrückbare Punkte bilden, eine Schwingungen ermöglichende gegenseiseitige Annäherung der beiden Flächen der mittlern Zone aber durch keinen andern Mechanismus erzeugt werden kann, als durch Anspannung (Kontraktion mit oder ohne Verkürzung) des M. vocalis, und da, wenn Letzteres geschieht, die beiderseitigen mittlern Zonen beim Luftanspruch so lange mitschwingen müssen, bis das Maximum dieser Spannung erreicht ist, d. h. so lange die Spannung des durchstreichenden Luftstroms den Elasticitätsmodulus des Stimmbandkörpers noch momentan überwinden kann: so folgt, dass

die aktive Spannung des M. vocalis, welche der Spannung der obern (membranösen) Zone des Stimmbands das Gleichgewicht hält, bei den Falsettönen ausgeschlossen sein muss, damit die untere und mittlere Zone beim Impuls der Luftsäule seitlich ausweichen und letztere nur auf die obere Zone schwingungerregend einwirken kann. Beim Uebergang eines amphoteren Tons aus dem Falsetmechanismus in den Brustmechanismus, z. B. bei gewöhnlicher Messa di voce, ist also beim Toneinsatz der M. vocalis noch ungespannt, d. h. sein Elasticitätsmodulus ist geringer, als der der elastischen Zone des Bandes, aber auch geringer, als der der Luftsäule, die durch die Glottis zu streichen beginnt; die mittlere und untere Zone des Stimmbands geben daher dem Seitendruck, den die Luftsäule auf sie ausübt, nach, die obere Zone wird (s. oben) nach innen geschoben, beide obern Zonen kommen so einander entgegen, und nun vermag diese obere Zone der Glottis auf dem ihr zunächst vom M. cricothyreoideus ertheilten Spannungsgrade, der der Schwingungszahl des beabsichtigten Tones proportional ist, in Schwingungen zu gerathen. Crescendo, bei wachsender Tension des ansprechenden Luftstroms werden allmälig, um den Ton auf gleicher Höhe zu erhalten, von dieser Zone aus immer mehr und mehr Fasern des M. vocalis, von der scharfen Kante des Stimmbands aus nach der dicken, dem Schildknorpelflügel zugekehrten Seite des Bandes zu, in die Spannung und Schwingung der Kantenzone mit verwickelt, bis bei Erreichung des Forte der ganze Muskel primär mitschwingt. Dabei wird die gegenseitige Berührungsfläche oder die schwingende Zone des Stimmbands, die wir von jetzt an die Glottiszone nennen wollen, und welche anfangs saitenartig dünn und schmal war, in ein immer breiter werdendes, dem anderseitigen bis zur Berührung zugeneigtes Band verwandelt, bis beim Forte beide Bänder mit mindestens der obern und ganzen mittlern Zone einander gegenschlagend in Schwingungen gerathen sind. Demnach wird die Kompensation der physischen Kräfte behufs der Erhaltung der Schwingungszahl beim Crescendo zunächst nicht, wie am todten Kehlkopf, durch Nachlass der Kontraktion des Musc. cricothyreoid. erzielt, diese muss im Gegentheil (wie bald näher nachgewiesen werden wird) zunehmen, wenn auch die Länge der Glottis dabei nicht vermehrt wird, sondern dadurch, dass der schwingende Theil des Stimmbands mit zunehmender Dicke und Spannung der Luftsäule auch dicker und dichter, weil gespannter wird. Wir haben aber schon in der akustischen Einleitung gehört, dass sowohl Zunahme der Dicke als auch der Dichtigkeit des schwingenden Körpers den Ton caeteris paribus vertieft. Stehen nun diese vertiefenden Momente mit der durch Zunahme der Tension und Dicke der Luftsäule bedingten Erhöhung der Schwingungszahl im Gleichgewicht, so muss nothwendig letztere unverändert bleiben, während die Grösse und Stärke des Tons in entsprechender Weise zunimmt. Demnach kann von diesem kompensirenden Mittel nur bei der Bruststimme Gebrauch gemacht werden, beim Falset nicht, hier bleibt vorläufig die Müller'sche Theorie in ihrer Geltung.

Der M. vocalis kann nicht anders primär mitschwingen, als wenn er auf einen dem des elastischen Bandes wenigstens nahe kommenden Elasticitätsgrad gebracht worden ist. Ist der M. vocalis schlaff, wie am Kadaver, so schwingt er allerdings mit, weil seine elastische Kapsel schwingt, deren Bewegungen er mechanisch mitmachen muss, aber er selbst trägt zur Schwingungszahl nur insofern bei, als er die Schwingungen durch sein Gewicht,

das sich an die primär schwingenden Theile hängt, etwas retardirt. Ist er aber in angemessenem Grade gespannt, so betheiligt er sich primär an den Schwingungen der elastischen Gebilde; nicht nur der Ueberzug, sondern auch das Innere, der Körper des Stimmbands bildet den wesentlichen Schallerreger, der jetzt, weil dicker und renitenter geworden, nicht nur langsamer einander sukcedirende, sondern auch einen Ton von anderem Klang erzeugende Schwingungen machen muss.

Auf diese Weise stehen dem lebenden Stimmorgan zwei neue tonabstufende Kräfte zur Verfügung, von welchen weder an unsern künstlich konstruirten Apparaten, noch am ausgeschnittenen Kehlkopf, ein sicherer Gebrauch gemacht werden konnte. Jetzt erst sind wir im vollen Besitz der wesentlichen Mittel zu den zahlreichen Tonmodifikationen und zur sicheren Erklärung der verschiedenen Komplikationen derselben, deren „Endlichkeit" wir von nun an abzusehen im Stande sind. Jetzt erst können wir die Kräfte, welche bei der Phonation thätig sind, nach ihren respektiven Antheilen abschätzen und nach ihren Resultaten beurtheilen. Jetzt erst können wir endlich die an unsern künstlichen Apparaten und am ausgeschnittenen Kehlkopf angestellten Versuche für unsern Zweck hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit richtig abschätzen und würdigen.

Wir haben im anatomischen Theile dieses Werks (S. 158 ff.) die verschiedenen Muskelzüge, welche zu phonischen Zwecken kooperiren und deren resultirende Leistungen, so weit sie physikale Aenderungen der Form der Organe und der von denselben umschlossenen Räume betreffen, kennen gelernt. Es ist jetzt unsere Aufgabe, diese Kenntnisse auf die phonischen Phänomene anzuwenden. Zunächst wollen wir die Funktionen der Stimmbandmuskeln nach den drei Längenunterschieden der Glottis betrachten: bei gleichbleibender mittlerer Länge der Glottis, bei Verlängerung, und bei Verkürzung derselben.

1) Phonische Wirkungen des Stimmbandmukels bei gleichbleibender mittlerer Länge der Glottis. Steht der Kehlkopf auf oder wenig über seinem phonischen Nullpunkt, tritt weder eine specifische Thätigkeit des M. thyreo-aryt. noch des Cricothyreoideus auf, ist nur behufs einer Tonbildung die hintere Glottis so viel wie nöthig geschlossen, so steht vor Beginn der Phonation die Stimmritze offen, sie hat eine lanzetförmige Gestalt, die elastischen Stimmbänder setzen der exspirativen Luftsäule wenig Widerstand entgegen, eben so wenig aber auch die Stimmbandkörper oder die 2. und 3. Zone der Stimmbänder, da der M. vocalis phonisch unthätig ist. Es findet hier der Gleichgewichtszustand zwischen den Hebe- und Senkmuskeln statt, beide Bändersysteme stehen auf gleicher (einander das Gleichgewicht haltender) Spannung. Der M. vocalis gehorcht zunächst dem Luftdruck, als dem ihn direkt treffenden Reize. Entweder weicht er ihm aus, giebt ihm nach, oder er setzt sich ihm entgegen. In ersterem Falle entsteht ein Fistelton, wie schon erwähnt, weil nur die verhältnissmässig am meisten gespannte Randzone schwingt, also ein weit schmälerer, dünnerer Schallkörper, als im 2. Falle, wo die 2. Zone des Stimmbands mit schwingungsfähig wird. Dieser Fistelton lässt sich wie jeder andere Blaston, durch stärkeren Luftanspruch verstärken, indem dabei die Exkursionen grösser werden. Nach unsern Beobachtungen an Kautschuk- und (todten) Stimmbändern kann Letzteres nicht anders geschehen, als wenn die Breite der schwingenden Zone nach der Mitte der Bandfläche sich vergrössert, so dass die

phonische Glottisweite grösser wird. Ob dabei die Muskelfasern vom Luftdruck bei Seite geschoben werden, so dass nur die dadurch, so wie durch Verdünnung, breiter gewordene Randzone schwingt, oder ob einzelne Muskelfasern mitschwingen, lässt sich vor der Hand nicht bestimmen. Eine grosse Verstärkung erlauben jedoch die auf dem phonischen Nullpunkt des Kehlkopfstands erzeugten Fisteltöne nicht, da die Spannung der Bänder keine weitgehende Renitenz gegen die Luftsäule zulässt. Weil bei einer solchen Verstärkung der exspirative Luftvorrath rasch erschöpft wird, steigt dabei der Kehlkopf in die Höhe. Im 2. Falle, wo auch der Muskel sich dem Drucke der Luft entgegensetzt, muss sich derselbe, wenn er nicht seinen Einfluss auf den Schwingungsvorgang verlieren will, um so stärker kontrahiren (ohne jedoch nothwendig sich dabei zu verkürzen), je stärker der Luftdruck ist. Denn sonst würde der Luftdruck die Glottiswände mehr von einander entfernen, als zur beabsichtigten Schwingungsbildung erfordert wird, es würde endlich alle legitime Tonbildung aufhören, und nur noch ein Schreiton oder ein Fistelton möglich sein.

Die Aktion des M. vocalis ist also, wenigstens vom phonischen Nullpunkt an, eine durchaus willkührliche, was man von andern Kehlkopfmuskeln, z. B. vom M. crico-arytaenoideus posticus nich in gleichem Maasse behaupten kann. Auf dieser Willkühr beruht der Unterschied der beiden Tonregister. Der M. vocalis besitzt also die Eigenschaft, nach Belieben sich auf den Reiz der ihn betreffenden exspirativen Luftsäule zusammenzuziehen oder sich von derselben mechanisch verdrängen, beseitigen zu lassen. Im erstern Falle findet ein doppelter oder reciproker Antagonismus statt: theils kämpft der M. vocalis gegen den Druck der Luftsäule, dem er eine laterale oder sphinkterische, weiter unten genauer zu besprechende, Spannung entgegensetzt, theils widersetzt er sich dem an seiner beweglichen Insertionsstelle stattfindenden vom M. cricothyreoideus ausgeführten Gegenzuge, dem er seine longitudinale Kontraktion entgegensetzt. In erster Hinsicht hat man den M. vocalis auch Sphincter Glottidis genannt, welchen Namen er wenigstens mit gleichem Rechte beanspruchen kann, als der Sphincter oris. Bei dem geringsten, zur Tonbildung unter den obigen Verhältnissen erforderlichen Maass von Tension der Luftsäule wird die obere Zone des Stimmbands in Folge des auf die untern Zonen wirkenden Seitendrucks etwas auf- und einwärts geschoben, beide obern Zonen dadurch einander genähert und so die Schwingungen beider Bänder ermöglicht, bei welchen recurrendo die Bandränder momentan in Berührung zu kommen scheinen, ohne jedoch auf einander zu schlagen. Die Schwingungszahl ist eine verhältnissmässig langsame: der Ton ist ein sogenannter mittlerer. Unser Muskel, der bei Beginn dieses Vorgangs dieselbe gekrümmte Lage hatte, wie die Stimmbänder selbst, zieht sich während dieses Prozesses nur so weit zusammen, als nöthig ist, die Schwingungen in Gange zu erhalten. Wollte man ihn hier unverhältnissmässig stärker zusammenziehen, um die Schwingungen besser zu unterhalten, so würde die Glottis gar nicht mehr geöffnet werden können, und Erstickungsgefahr eintreten. Es muss also für jedes Plus von Kontraktionsthätigkeit des M. vocalis auch die Luftsäule verhältnissmässig mehr gespannt werden, damit die Glottis geöffnet bleibe. Zugleich muss aber auch dann der M. cricothyreoideus der Aktion des M. thyreo-aryt. so viel Spannkraft entgegen setzen, dass die Länge der Glottis unverändert bleibt. Dieser Antagonismus lässt sich nun bis zu einem gewissen Maximum steigern,

wobei zwar das Volumen der betheiligten Muskeln nicht zunimmt, auch die Stellung des Kehlkopfs sich nicht zu ändern braucht, wohl aber die Konsistenz des gesammten Stimmbandkörpers, die Schwingungszahl und Stärke des Tones erhöht wird. Wir müssen diese innern Vorgänge und den bei Durchstreichung des Luftstroms hier erzeugten Schwingungsmechanismus etwas näher ins Auge fassen.

Wenn bei Schluss der Glottis cartilaginea die Stimmbänder, ohne dabei kürzer zu werden, durch Zusammenziehung ihres Muskels allmälig an Konsistenz und Renitenz gewinnen, so wird zwar an den physikalen Eigenschaften des dieselben überziehenden elastischen Gewebes dadurch nichts geändert, da deren Fasern ihre anfängliche Länge behalten; sobald dieselben aber von einem Luftstrome getroffen werden, der ihr Gleichgewicht zu ändern strebt, tritt ein Unterschied gegen ihr früheres Verhalten hervor. Denn weil die ihnen anhaftenden Muskelfasern nicht mehr willig dem Drucke der Luftsäule nachgeben, sich nicht mehr ohne einen gewissen Widerstand von den elastischen Fasern verschieben oder aufwärts ziehen lassen, sondern dem Luftdruck einen Gegendruck entgegensetzen, den die blosse elastische Kraft der sie überkleidenden Membran nicht beseitigen kann, so muss sich auch die Spannung der Stimmbänder verändern. Diese Spannung, welche bei dem Fistelmechanismus eine vorwiegend in die Längenrichtung gehende ist, ist jetzt wesentlich auch eine sogenannte seitliche geworden; es ist nicht nur eine Kraft vorhanden, welche die Elasticität der Bänder der Länge nach steigert, sondern auch eine, welche diese Bänder fähig macht, gegen einen auf sie ausgeübten Seitendruck stärker zu reagiren. Das Stimmband besitzt jetzt zwei Elasticitätsaxen, eine longitudinale und eine transversale; es ist dehnbar- und zugleich kompressiv-elastisch geworden. Beide Elasticitäten haben ihre Funktionen zu dem Resultate vereinigt, dass der Elasticitätsmodulus des ganzen Stimmbands in dem Maasse, als die seitliche Spannung zunimmt, sich steigert. Denn es ist offenbar ein Unterschied, ob der zunächst von dem Luftstrom in schwingende Bewegung versetzte elastische Rand des Stimmbands, dessen Längenspannung wir einstweilen als unverändert betrachten, ohne erhebliche, sich an ihm seitlich anheftende Hindernisse der Bewegung des Luftstroms folgen oder ihr nachgeben kann, oder ob die Längenfasern dieses Bandrandes an einem elastischen (eindrückbaren) Polster befestigt sind, das jene Abweichungen beschränkt, während sie vom Luftstrome an- und abgetrieben werden. Sobald der die Bänder in tonfähige Schwingungen versetzende Luftstrom allmälig an Spannung zunimmt, sobald also der piano eingesetzte Ton geschwellt werden soll, so muss doch jedenfalls eine Kraft vorhanden sein, welche verhütet, dass die Stimmbänder dem stärker gewordenen Luftdruck in einem Grade ausweichen, auf welchem sie so weit von einander abgetrieben würden, dass entweder keine volle Tonbildung mehr erfolgen könnte, oder durch Erweiterung der Ausflussöffnung der Seitendruck und damit die Schwingungszahl abnehmen müsste (vergl. S. 419). Diese Kraft liegt in dem Stimmbandmuskel. Er dient hier bald zur Erhaltung des Tones überhaupt, bald zur Aufrechthaltung, bald zur Erhöhung der Schwingungszahl desselben. Sind die Stimmbänder schlaff oder nur wenig gespannt, so legen sie sich wohl bei einem schwachen Luftstrom so weit gegeneinander, dass sie tonfähig schwingen können; sobald aber der Luftstrom verstärkt wird, weichen sie, wie beim todten Kehlkopf, zu weit auseinander, als dass es zu vollen, ohne Ausströmung wilder Luft be-

stehenden Schwingungen kommen könnte. Zieht sich aber der Stimmbandmuskel in gleichem Maasse, als der Luftdruck zunimmt, zusammen, und zwar, wie wir einstweilen annehmen, ohne sich dabei zu verkürzen, so werden dadurch die Stimmbänder dem Luftstrome, der sie seitlich zu verdrängen strebt, entgegen gerückt, und dadurch die anfängliche phonische Glottisweite erhalten. Der mit vermehrter Geschwindigkeit ausströmende und einen stärkern Seitendruck ausübende Luftstrom wird nun mit Verstärkung des Tones auch eine Erhöhung der Schwingungszahl desselben bewirken, wofern nicht gleichzeitig der Kehlkopf tiefer herabgezogen wird. Dadurch wird (wie wir wissen) das Ansatzrohr verlängert und zugleich die Stimmbänder etwas verkürzt, ohne dass diese dadurch an Spannung gewinnen, weil jene Verkürzung nicht vom M. vocalis, sondern von andern Muskeln ausgeführt wird, und der Ton behält seine anfängliche Schwingungszahl. Denn zur Erhaltung einer bestimmten Schwingungszahl unter allen Verhältnissen müssen, wie wir als bekannt annehmen können, diejenigen Einflüsse, welche dieselbe erhöhen, welche die Bewegung der Stimmbänder beschleunigen könnten, durch Gegenkräfte neutralisirt werden. Je rascher die Luft durch die Glottis strömt, desto mehr werden die Schwingungen der Glottisränder und Glottiswände beschleunigt. Jede Verstärkung des Drucks auf eine ausfliessende Luftsäule vermehrt die Ausflussgeschwindigkeit derselben, mag die Weite der Ausflussöffnung, die wir uns als starrwandig zu denken haben, dieselbe bleiben oder nicht. Was in diesen ausfliessenden Strom gebracht wird, muss also auch seine Bewegungen beschleunigen. Demnach wird die Vermehrung der Geschwindigkeit der durch die Glottis ausströmenden Luft sich auf die Stimmbänder übertragen, deren Schwingungen dadurch um 4—5 Tonstufen beschleunigt werden können. Sie würden noch mehr sich beschleunigen lassen, wenn die Glottiswände völlig starr gemacht werden könnten. Jedenfalls lässt sich die Tonerhöhung durch Verstärkung des Luftdrucks um so höher treiben, je starrer die Glottiswände durch Spannung der Stimmbänder (und Stimmbandkörper) geworden sind. Je mehr aber die Wände der Glottis und des oberhalb derselben liegenden Raumes erschlafft sind, desto mehr wird der Ton caeteris paribus vertieft, oder eine durch anderweite Motive bedingte Tonerhöhung aufgehoben oder verhütet (kompensirt). Sobald also die Glottis durch eine solche Relaxation in angemessenem Grade sich erweitert, d. h. sobald nur die Kontraktion des M. vocalis, aber nicht seine Spannung zunimmt (wozu, wie wir oben sahen, eine gewisse Tieferstellung des Kehlkopfs, d. i. Verkürzung der Glottis, erforderlich ist), da bedingt, wie wir früher erkannten, die Abnahme des Drucks, den jene Muskelaktion ausübt, eine entsprechende Abnahme des Drucks, den die Exspirationsmuskeln auf die Luftsäule ausüben, letztere wird in ihrer Bewegung nicht beschleunigt, und der Ton erhöht seine Schwingungszahl nicht.

Aber es ist noch ein anderer Fall möglich. Wenn bei geschlossener Glottis cartilaginea, bei gleichbleibender mittlerer Länge der Stimmritze und bei auf Null stehendem Kehlkopfe die beiderseitigen Stimmbandmuskeln sich auf mittlerer Spannung befinden, wobei also der M. cricothyreoid. gleichfalls keine besondere Thätigkeit entwickeln darf, gleichzeitig aber jene einen Seitendruck erleiden, der von aussen her auf sie einwirkt, also mittels der Kontraktion des Stratum thyreo-aryt. externum und durch Kompression der beiden Schildknorpelflügel mittels des M. thyreopharyngeus, dann werden

die beiden Glottiswände einander näher gerückt, nicht nur die Stimmbandränder oder die obern Zonen, sondern auch die mittleren Zonen berühren sich gegenseitig mit mehr oder weniger Gegendruck, und der Anspruchsluftstrom hat mehr Druckkraft nöthig, um die Glottis zu öffnen, und braucht mehr Zeit, um sich durch dieselbe zu bewegen: die Schwingungen, welche dabei die Stimmbänder machen, werden dadurch verlangsamt, der Ton wird tiefer, aber auch härter und klangärmer, weil die Glottiswände breiter geworden sind, die Schwingungssphäre dagegen durch jenen von aussen herkommenden passiven Druck in ihrer Breite beschränkt wird.

Jene Erhöhung der Schwingungszahl bei wachsender Tension des Luftanspruchs, über welche bereits Johannes Müller und Andere treffliche Versuche und Messungen am ausgeschnittenen Kehlkopf angestellt haben, beruht am lebenden Organ ausser der schon erwähnten Ursache auch noch darauf, dass die obere Zone der Stimmbänder durch den auf- und seitwärts gehenden Druck der Luftsäule bei gleichbleibendem Abstand ihrer Insertionspunkte stärker ausgedehnt, aus einer geraden in eine mit steigender Lufttension immer hohler werdende, ihre Konvexität aber mehr nach oben, als nach der Seite zu kehrende Kurve verwandelt wird, und von dieser Lage aus ihre Schwingungen zu machen genöthigt wird, ohne dass dabei die phonische Glottisweite merklich zunimmt. Die Schwingungen müssen hier schon deshalb beschleunigt werden, weil durch jene Krümmung die Spannung der Bänder gewachsen ist: schon ein solitäres Band würde diese Veränderung zeigen, auf Grund der früher von uns (S. 363) entwickelten Gesetze. Soll die Schwingungszahl hier unverrückt bleiben, so muss die phonische Glottisweite in entsprechendem Grade zunehmen, also die Richtung der Konvexität der Exkursionsbogen auch merklich eine seitliche werden. Durch die Massenvermehrung der in einer gewissen Zeit ausströmenden Luft wird hier, wie wir vorhin bemerkten, die Zunahme der Ausflussgeschwindigkeit verhütet, weil die Vermehrung der Expulsivkraft nur zur Bewegung des Zuwachses der Luftmasse verwendet wird. Der Ton wird dadurch grösser, aber nicht intensiver, denn der Seitendruck, den die Luftsäule ausübt, wird nicht vermehrt.

Wir haben bei unsern frühern Versuchen und Beobachtungen dreierlei Wirkungen der Verstärkung der Luftgebung kennen gelernt: einfache Vergrösserung oder Verstärkung des Tones ohne Aenderung seiner Schwingungszahl; Vergrösserung des Tones mit Verlangsamung der Schwingungen oder Abnahme der Schwingungszahl; Vergrösserung der Tonfülle mit gleichzeitiger Vermehrung der Intensität und Schwingungszahl. In ersterem Falle stehen, wie erwähnt, Vermehrung der in Tonschwingungen versetzten Luftmasse mit Erweiterung der Glottis in gleichem Verhältniss, der Elasticitätsmodulus der Stimmbänder ist nicht in dem Grade gewachsen, dass er bei Zunahme der Expulsivkraft der Erweiterung der Glottis ein erhebliches Hinderniss entgegensetzte. Im zweiten Falle werden die Bänder durch den Luftstrom nicht nur gehoben, sondern auch ohne Widerstand seitlich umgekrümmt und auf diese Weise die Glottis unverhältnissmässig erweitert: die Erweiterung steht mit der durch die Hebung eintretenden Spannung nicht im Verhältniss, der Ton fällt bei verstärktem Anspruch (crescendo) auf eine tiefere Schwingungszahl. Im dritten Falle steigt durch die beim Heben der Glottiszone stattfindende Spannung der Elasticitätsmodulus, die Tension der Bänder überwiegt den Druck der mit grösserer

Masse ausströmen sollenden Luftsäule, die Glottis öffnet sich weniger, als der Luftmasse zukommt, die Geschwindigkeit derselben wird dadurch beschleunigt, folglich die Schwingungen der Bänder auch, und der Ton wird höher.

Bei den von mir vorzugsweise angewandten vulkanisirten Kautschukbändern fand ich fast nie eine merkliche Vermehrung des Elasticitätsmodulus durch die bei Verstärkung des Luftanspruchs stattfindende Hebung und Längenspannung derselben, während ich eine solche Vermehrung bei den früher gebrauchten nicht vulkanisirten Bändern in ganz unverkennbarer Weise beobachten konnte. Auch die Stimmbänder des ausgeschnittenen menschlichen Kehlkopfs zeigen diese Erscheinung, wie wir früher (S. 524. 551) umständlich erörtert haben.

Aus dem vorhin über die Verstärkung des Luftanspruchs beim lebenden Stimmorgan Angeführten geht hervor, dass das, was wir gewöhnlich Crescendo nennen, nach den Umständen Verschiedenheiten darbieten muss, je nachdem die Erhöhung oder das Wachsen (Vermehren) sich bloss auf die Zunahme der zur Stimmbildung verwendeten Luftmasse und auf die hiermit in Verhältniss stehende Erweiterung der phonischen Glottis, auf die Vergrösserung (Erweiterung, nicht Verlängerung) der Schwingungssphäre bezieht; oder ob gleichzeitig diese vermehrte Masse exspirativer Luft mit vermehrter Geschwindigkeit ausströmt, also einen stärkern Widerstand seiten der Glottiswände erleidet. In ersterem Falle wächst bloss die Grösse oder Fülle des Tons, wie schon erwähnt, ohne dass derselbe an Intensität gewinnt, weil eben dem Luftstrome kein seitliches Hemmungsorgan entgegentritt, weil der M. vocalis nicht aktiv gespannt ist. Dies findet einigermaassen bei den Fisteltönen statt. Hier fehlt die seitliche Spannung, so weit sie von der Kontraktion des M. vocalis abhängt, eine Vermehrung des Luftdrucks wird also die Glottisränder stärker von einander treiben, es wird verhältnissmässig mehr Luft ausströmen, als beim Brustregister, weil der Elasticitätsmodulus des Stimmbandrands dem Druck der Luftsäule weniger gewachsen ist, und der Ton würde in ähnlicher Weise tiefer und grösser, aber nicht intensiver werden, wie bei den überschlagend schwingenden Kautschukapparaten, wenn nicht durch den erhöhten Elasticitätsmodulus des elastischen Gewebes und selbst durch vermehrte Längenspannung der Bänder diesem Erfolge entgegengearbeitet würde. Aus diesem Grunde können die höchsten Fisteltöne nicht geschwellt werden, aus demselben Grunde steigt der Kehlkopf am Halse, wenn ein Fistelton geschwellt werden soll, ohne dabei tiefer zu werden; aus gleichem Grunde ist aber auch die Schwellung der Fisteltöne überhaupt weit beschränkter, als die der Brusttöne. Hier, im zweiten Falle, wird neben der Fülle auch die Intensität des Tones bei Verstärkung der Luftgebung zunehmen, weil der Stimmbandmuskel durch seine zunehmende Kontraktion den Elasticitätsmodulus der mittlern Zone der Stimmbänder erhöht, und dadurch bewirkt, dass dem Luftdruck ein Gegendruck seiten der Glottiswände entgegengesetzt wird, welcher zugleich das bogige Ausweichen und Umbiegen der obern Zone verhütet, den schwingenden Stimmbandkörper verbreitert und verdickt, und schon dadurch die Schwingungszahl sichert, ohne dass dazu, wie am todten Kehlkopf, eine Relaxation des M. cricothyreoideus erforderlich wäre. Im Gegentheil muss derselbe jetzt kräftiger arbeiten, als vorher, doch darf er sich nicht verkürzen.

Wir können getrost auf Grund der von mir oben entwickelten Theorie

der Aktion der Muskeln der schiefen Linie annehmen, dass bei allen Tönen, bei welchen der Kehlkopf eine und dieselbe Stellung am Halse einnimmt oder behält, die Stimmbänder eine und dieselbe Längenspannung besitzen, dass demnach in diesen Fällen die Tonabstufung ausser der Längenspannung der Stimmbänder noch von andern Ursachen bedingt sein müsse. Wir haben bei unsern bisherigen Versuchen gerade auf diese andern Ursachen etwas mehr Rücksicht genommen, als früher geschehen ist: die meisten der Versuche an Kautschukbändern und selbst am ausgeschnittenen Kehlkopf sind bei gleichbleibender Länge der Bänder angestellt worden. Als solche die Schwingungszahl bei gleichbleibendem Register erhöhende Ursachen fanden wir an ein- und zweilippigen Kautschukapparaten, mochten letztere in gleicher Ebene oder gegeneinander geneigt liegen: 1) Gegeneinanderdrücken der Bandränder; 2) Verschmälerung der schwingenden Glottiszone (Aliquottheilung der Breite nach); 3) Verstärkung des Luftanspruchs bei Vermeidung einer erheblichen Erweiterung der schwingenden Glottis. Am erheblichsten war natürlich die Erhöhung, wenn zwei dieser Ursachen oder alle drei gleichzeitig thätig waren. Am ausgeschnittenen Kehlkopf wurde der Ton bei gleichbleibender Glottislänge im Allgemeinen durch dieselben Momente erhöht, nur musste die Vertiefung der Schwingungssphäre oder der Glottisränder beim Zusammendruck der Bänder vermieden werden (S. 530). Ausserdem trat hier noch die Verdünnung der Randzone als tonerhöhendes Moment hinzu. Doch hat man die Ergebnisse dieser Versuche nur mit grosser Vorsicht für die Theorie der menschlichen Stimme zu verwenden. Wenn ein Organ bei gleichbleibender Stimmbänderlage mehrere Töne von verschiedener Schwingungszahl zu geben fähig ist, so unterscheiden sich dieselben gewiss auch ihren übrigen Eigenschaften nach von einander. Wir haben an unsern Apparaten Tonerhöhungen mit Abschwächung, Verdünnung, Verkleinerung des Tones, und wiederum Tonerhöhungen mit Verstärkung, Verdickung, Vergrösserung (Vollwerden) des Tones kennen gelernt.

Am lebenden Stimmorgan haben wir beobachtet, dass, während bei gleichbleibendem schwachen Luftdruck die Tonabstufung zunächst durch die Längenan- und Abspannung der Stimmbänder (mittels Steigens und Fallens des Kehlkopfs) bewirkt wird, zur allmäligen Verstärkung eines bestimmten (Brust-) Tones der Kehlkopf herabgezogen wird, widrigenfalls (bei Fixirung des Kehlkopfs auf der anfänglichen Position) der Ton crescendo seine Schwingungszahl erhöhen muss, und unter Umständen bis etwa auf das Doppelte erhöhen kann; dass überhaupt bei starker Stimmgebung die Kehlkopfbewegung für den ganzen forte zu erzeugenden Tonbereich eine verhältnissmässig beschränkte ist. Aus der Vergleichung dieser Beobachtungen sowohl unter einander, als auch mit den Versuchen am todten Kehlkopf folgt, dass je beschränkter die Längenspannung der Stimmbänder bei Zunahme der Lufttension, desto gesteigerter die seitliche Spannung, die *Vis a latere* sein muss, welche sich dem Seitendruck der Luftsäule widersetzt und dabei in gleichem Verhältniss die Glottiswände starr macht, dass also, um einen gewissen mittlern oder mässig hohen Ton crescendo auf seiner Stufe zu erhalten, die Längenspannung der Stimmbänder nachlassen muss, während die seitliche vom M. vocalis geleistete Spannung zunimmt, derselbe also als Ton- nicht nur verstärkendes, sondern auch, sobald die Längenspannung unverändert bleibt, erhöhendes Organ wirken muss, sofern er durch seine Kontraktion die nöthige Stromschnelle in der Glottis zu Stande kommen lässt.

Demnach sind bei starken Tönen die Stimmbänder caeteris paribus kürzer, als bei schwachen, weil der Stimmbandmuskel nur bei einer gewissen Verkürzung fähig ist, eine an ihm ziehende und auf ihn drückende Last eine Zeitlang zu bewältigen. Hierüber werden wir im folgenden Kapitel weitere Untersuchungen anstellen.

Die Funktionen des Stimmbandmuskels bei mittlerer, gleichbleibender Glottislänge sind Folgende.

1. Er tritt nur beim Brustregister in selbstständige Thätigkeit, beim Falset verhält er sich indifferent.

2. Beim Brustregister wirkt er a) als Kompensator und Regulator der Tongrösse und Tonstärke, indem er das Areal der phonischen Glottis in gleichem Verhältniss zu verschmälern strebt, in welchem es andere Kräfte zu verlängern streben, und indem er die Masse des schwingenden Fluidosolidum vermehrt und verdickt, so dass die Glottis trotz der intra et extra erhöhten Tension nicht kürzer zu werden braucht; b) als tonerhöhendes Element, wenn die gedachte reciproke Spannung einen höhern Grad annimmt, die Glottiswände starr werden, und die Durchströmungsgeschwindigkeit sich steigert.

Alle diese Funktionen des innern Stimmmuskels treten aus leicht einsichtlichen Gründen erst dann auf, wenn vom phonischen Nullpunkte an aufwärts geschritten werden soll. Unterhalb desselben ist der M. vocalis allemal thätig, wenn ein Ton erzeugt werden soll, der Unterschied zwischen Brust- und Falsetstimme tritt erst über jenem Nullpunkt hervor. Der tiefste wahre Falsetton liegt demnach etwas über der Stelle dieses mittlern Brusttons und hat mit ihm gleiche Schwingungszahl. Er lässt sich nur mit der geringsten Lufttension erzeugen, die noch gar nicht fähig ist, den M. vocalis zur Kontraktion zu reizen. Er lässt sich nur mit Mühe etwas schwellen, wobei er jedoch fast nur an Volumen, aber kaum an Intensität gewinnt. Die Glottisweite nimmt dabei unverhältnissmässig zu. Jeder Versuch, einen vernehmlichern Ton auf dieser Kehlkopflage zu erzeugen, bringt sofort den M. vocalis in Thätigkeit, und es entsteht ein Ton, zwar von derselben Schwingungszahl, aber von ganz anderem Klange und von weit grösserer Schwellbarkeit. Bei mir heisst dieser Ton c.

2) Bei Verlängerung oder Verkürzung der Glottis über oder unter ihre mittlere Länge. Dass ein Muskel bei Verlängerung über seinen mittlern tonischen Zustand sich immer noch kontrahiren und starr werden kann, dies lässt sich an andern Muskeln des Körpers, z. B. am Biceps brachii, biceps femoris, Sternocleidomastoideus u. a. m. deutlich wahrnehmen. Es kann also auch am M. vocalis geschehen. Das heisst: Wenn durch ausreichende und vorwiegende Kontraktion und Verkürzung des M. cricothyreoideus und der übrigen Glottisverlängerer die Stimmbänder in ihrer Längenrichtung bis zu einem gewissen Grad gespannt und distendirt worden sind, so kann der M. vocalis dabei nach Willkühr erschlafft oder gespannt sein. Oder: der Spannungsgrad das M. cricothyreoideus u. s. w. kann in verschiedenem Verhältniss über den des M. vocalis erhöht sein. Verhält sich letzterer Muskel völlig passiv, soweit es im Leben möglich ist, bleibt er also frei von aller willkührlicher, eine Bewegung bezweckender Innervation, wird dafür behufs der Tonerhöhung der M. cricothyreoideus mit oder ohne seine Gehülfen (M. hyothyreoideus etc.) zusammengezogen, so wird das elastische Stimmband sammt den daran liegenden Muskelfasern in einfach mechanischer

Weise verlängert, wie am ausgeschnittenen Kehlkopf, die Glottisränder werden durch passiven Zug allmälig ebenso gerade, wie vorhin durch die aktive Kontraktion des Stimmmuskels, und die phonische Wirkung des Luftanspruchs sollte demnach ganz die nämliche sein, wie am todten Präparat, das heisst, bei stärkerem Luftanspruch sollten Töne entstehen, die dem sogenannten Brustregister angehören, bei schwächerem Fisteltöne. Wir wollen sehen, ob sich diese Voraussetzung bestätigt. Zuerst müssen wir freilich ein Kriterium haben, ob wir es mit einem Stimmvorgang zu thun haben, bei welchem die Glottis wirklich verlängert ist. Will man hier zu einer annähernden Sicherheit kommen, so lege man eine hellfarbige Schnur quer um den Hals in der Richtung des kleinen Kehldreiecks, bezeichne die Kreuzung der beiden Enden mit schwarzen Merkmalen, und beobachtete während der Phonation, ob und wieweit diese schwarzen Punkte auseinander weichen. Oder man nehme einen Tastercirkel, lege die Spitze des einen Schenkels etwa auf den Zwischenraum des 4. und 5. Halswirbels an, und führe die andere vor das Pomum während des Indifferenzzustands, so dass sie von diesem etwa 3‴ weit absteht. Bei allen Tönen, wo das Zungenbein nach oben und vorn (gegen das Kinn zu) gezogen wird, wird man auch das Pomum mehr oder weniger vorrücken sehen, und es kann diese Bewegung bis auf etwa 3‴ anwachsen. Ueberhaupt rückt fast bei allen, schon mässig hohen und noch mehr bei den höhern *p* oder *mf* gegebenen Brust- und Fisteltönen das Pomum weiter vor, als beim Indifferenzstande, was also mit grosser Wahrscheinlichkeit eine, wenn auch geringe, Längenzunahme der Stimmbänder anzeigt. Am meisten tritt diese Verlängerung hervor, wenn ein hoher Ton längere Zeit gehalten wird. Nach Erzeugung mehrerer solcher hoher Töne fühlt sich das Stimmorgan ermüdet, und es tritt ein Zeitpunkt ein, wo diese hohen Töne nicht mehr erzeugt werden können. Dagegen lässt sich bei den tiefern Brusttönen, bei den Strohbasstönen, sodann bei fast allen mit tiefem Kehlkopfstande, mit Timbre obscur, mit starker Lufttension gegebenen Tönen keine erhebliche Verlängerung der Stimmbänder nachweisen.

Wir haben demnach hier zu untersuchen, in was für einem Verhältniss der M. vocalis zu den durch die Kehlkopfbewegungen bewirkten Längeänderungen der Glottis steht, und in weit er zur Beschleunigung oder beziehendlich Verlangsamung der tonfähigen Schwingungen der Stimmbänder beitragen kann.

Wir wissen aus der Myophysiologie, dass ein Muskel seine grösste Kraft entwickelt, wenn die Last, die er zu bewältigen hat, so gross ist, dass er sich nur um ein Minimum dabei verkürzen kann, während er sich um mehr als die Hälfte seiner Länge verkürzen kann, wenn seine Last sehr klein ist. Wir wissen ferner, dass die Auf- und Niederbewegung des Kehlkopfs mit einer Vor- und Rückwärtsdrehung des Schildknorpels um sein am Ringknorpel festsitzendes Hypomochlion zusammenfällt, dass bei tiefstem Kehlkopfstande die Glottis am meisten verkürzt, bei höchstem Kehlkopfstande letztere am meisten verlängert wird, wofern nicht bei Tiefstande des Kehlkopfs der M. cricothyreoideus (er sollte hier Thyreo-cricoideus heissen) den Ringknorpel gegen den fester gestellten Schildknorpel anzieht, und dadurch die sonst (bei Piano) eintretende Verkürzung der Glottis aufhebt oder wenigstens verringert, und wofern nicht umgekehrt bei Hochstande des Kehlkopfs der M. thyreopharyngeus den Schildknorpel rückwärts dreht, und dadurch der sonst eintretenden Verlängerung der Glottis

entgegen tritt. Wegen des bei Hochstande des Kehlkopfs grösser werdenden Elasticitätsmodulus des Ligam. crico-tracheale und der elastischen Längenfasern der Luftröhre, und wegen des hier wohl immer vorhandenen Kontraktionszustandes des M. cricopharyngeus, der den Ringknorpel fest gegen die Wirbelkörper gezogen hält und ein Aufkippen desselben verhütet, trägt diese Verringerung der Glottislänge weniger aus, als die bei Tiefstande des Kehlkopfs, wo die genannten elastischen Gebilde erschlafft sind, mögliche Verlängerung der verkürzten Glottis durch den M. cricothyreoideus.

Der M. vocalis steht nun zu den äussern die Glottis durch Hebeldrehung des Schildknorpels verkürzenden Muskeln in einem ähnlichen Verhältniss, wie der M. cricothyreoideus zu den äussern die Glottis durch den entgegengesetzten Mechanismus verlängernden Muskeln; und beide genannte Muskeln stehen demnach in demselben Antagonismus zu einander, obgleich ihre respektiven Mechanismen wiederum manches Abweichende und Eigenthümliche darbieten.

Der M. vocalis liegt genau seinem elastischen Bande, dem Stimmbande, parallel, seine Verkürzungen und Verlängerungen sind den seines Bandes kongruent. Der M. cricothyreoid. liegt schief zur Elasticitätsaxe seines Bandes, des Lig. conicum, auch gar nicht unmittelbar über demselben, sondern zur Seite desselben; seine Fasern müssen sich demnach um ein etwas grösseres Stück verkürzen, als die Herabziehung des Schildknorpels an dem angezogenen Punkte austrägt. Dass die schiefe Richtung dieser Muskelfasern ausserdem deshalb angeordnet ist, um einen Zug am Schildknorpel nach vorn zu vermitteln, als wodurch gleichfalls eine Verlängerung der Stimmbänder erzielt wird, haben wir früher gesehen. Ausserdem ist, wie wir gleichfalls wissen, der M. cricothyr. Antagonist der untern Portion des M. thyreopharyngeus, und es scheint sich in dieser Hinsicht die von der untern Prominenz zum kleinen Horn querüber gezogene Sehnenbrücke einigermaassen als ein ähnliches Trennungselement zu verhalten, wie das Ligam. intermusculare der Linea obliqua für den M. hyo- und M. sternothyreoideus. Ebenso ist der M. vocalis nicht bloss gelegentlicher Antagonist des M. cricothyreoideus, sondern auch der übrigen die Glottis verlängernden Muskeln, und, wenn die Glottis offen steht, opponirt er auch dem M. cricoarytaenoideus posticus, eine Sache, die uns freilich wenig angeht. Aber alle diese antagonistischen Leistungen des M. vocalis sind keine zur übrigen Kehlkopfmechanik wesentlich nothwendigen, sondern es sind willkührliche, in den wesentlichen Mechanismus eingeschobene, die bald stattfinden können, bald nicht, die aber, sobald es sich um gewisse Eigenschaften des Tones handelt, von grosser Bedeutung werden.

Der ausgeschnittene Kehlkopf giebt Töne, sobald man durch die hinlänglich verengte, namentlich in ihrer hintern Abtheilung geschlossene Glottis Luft bläst; diese Töne erhöhen sich, sobald die Glottis verlängert wird und dadurch die Stimmbänder gespannter werden. Gleichwohl ist der M. vocalis unthätig, todt; er hat seine Elasticität bis auf ein gewisses Minimum verloren. Aber trotz dieses Mangels kann man auf einem todten Kehlkopf so ziemlich die ganze Tonreihe, die bei den vorhandenen organischen Mitteln das Individuum während des Lebens zu erzeugen muthmaasslich fähig war, hervorbringen. Wir könnten hieraus schliessen, dass die lebendige Thätigkeit des M. vocalis zur Erzeugung der dem Kehlkopf überhaupt möglichen Tonreihe wesentlich gar nicht erforderlich sei, dass

er es also zunächst mit der Bestimmung der Schwingungszahl der einzelnen Töne der Skala gar nicht zu thun habe. Aber die anatomisch-dynamischen Verhältnisse des todten Kehlkopfs weichen von den des lebenden so vielfach ab, dass wir bei Uebertragung der des einen auf die des andern sehr vorsichtig sein müssen. Am ausgeschnittenen Kehlkopf können wir die am lebenden mögliche lebendige Spannung des M. thyreo-arytaenoideus schlechterdings durch kein Mittel ersetzen, selbst durch elektromagnetische Einwirkung nicht; wir können nur die Stimmbandkörper, ausser der Längenspannung, die wir den elastischen Bändern geben, gegen einander rücken, am Aufblähen behindern, theilweise schwingungsunfähig machen, und bewirken, dass nur der freie, scharfe Rand der Bänder nebst der zwischen ihnen durchstreichenden Luft in Schwingungen gerathe. Aber die organische Kontraktion der Muskeln, die dabei stattfindende Einströmung arterielles Blutes nebst den dadurch gesetzten Modifikationen der Absonderungen in und auf den Gebilden des Kehlkopfs, die demzufolge jedenfalls auch erzeugten Abweichungen der elastischen Verhältnisse der schwingenden Organe: alles das vermag keine Kunst nachzuahmen. Demnach können wir wohl getrost behaupten, dass das wahre lebendige Brustregister sich unter den von uns am todten Kehlkopf erzeugten Registern gar nicht vorfindet, dass sich höchstens die bei abgespannten Bändern darauf erzeugten Tieftöne einigermaassen den gleich tiefen Tönen des lebenden Organs vergleichen lassen, und dass auch die beiden sogenannten Falsetregister des todten Präparats, namentlich das erstere, nur Fragmente des lebenden Fistelregisters, keineswegs aber ein volles Bild desselben darstellen können.

Nun drängt sich uns aber bei Erwägung, dass Gegeneinanderschiebung der Stimmbandränder oder gegenseitiger Druck derselben auf einander den Ton caeteris paribus erhöht, und dass Harless den Ton eines zungenmässig vorgerichteten Muskels bei Induktion eines galvanischen Stroms in denselben um mehrere Stufen sich vertiefen hörte, die Ansicht auf, dass der innere Muskelapparat des Kehlkopfs durch seine verschiedenen Lebensäusserungen ebenso verschiedener Modifikationen der Stimmbandschwingungen fähig ist, und wir tragen daher kein Bedenken, die tonabstufenden Funktionen dieses Muskelapparats bei Mitwirkung der die Länge der Glottis ändernden Muskeln als folgende zu bezeichnen:

Registrirung,

Modifikation der Intensität und Stärke des Tons,

Vertiefung des Tons unter Null, aber auch

Erhöhung des Tons, sobald der Muskel bei opponirender Kontraktion des M. cricothyreoideus etc. sich kontrahirt oder die Stimmritze verengt.

Was zunächst die Registrirung oder Aenderung des sogenannten Registers oder der specifischen Tonreihe anlangt, so ist es an sich zur Erzeugung einer gewissen Reihe verschiedenstufiger Töne von einer gewissen Klangfärbung einerlei, ob die dazu wirkenden Schallerzeuger lebendig oder todt sind, sobald nur die erforderlichen mechanischen Bedingungen gehörig erfüllt werden. Auch am todten Kehlkopf haben wir verschiedene Register oder Tonreihen von verschiedener Klangfärbung und Mechanik kennen gelernt, ja schon an ganz einfach konstruirten elastischen Bändern erzeugten wir verschiedene Register, sobald wir den Mechanismus, mit welchem sie ihre phonischen Resultate hervorbrachten, nach verschiedener Idee abänderten. Ueberblicken wir die hierher gehörigen, in den vorigen Abschnitten

dieses Werks niedergelegten Experimente, und betrachten wir vorzugsweise die bei Erzeugung der verschiedenen Register stattgehabten Bedingungen, so gelangen wir zu der, wie ich glaube, für alle hierher gehörige Apparate, für den todten wie für den lebenden Kehlkopf gültigen Ansicht, dass bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen ein höheres Tonregister zum Vorschein kommt, sobald die Anspruchsfähigkeit der Glottiszone erleichtert wird, d. h. sobald das Instrument so vorgerichtet wird, dass es schon bei geringerer Masse und Tension der ansprechenden Luftsäule in tönende Schwingungen versetzt wird. Es wird kaum nöthig sein, diese Ansicht durch angezogene Beispiele zu erhärten. Durch die ganze Reihe unserer Experimente mit einfachen und Doppelzungen zieht sich die bedeutungsvolle Erscheinung hindurch, dass ein Apparat, wenn bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen dessen Glottiszone (durch Gegeneinanderschiebung der Ränder, durch dachförmige Disposition u. s. w.) so vorgerichtet wurde, dass schon ein sehr schwacher Luftanspruch einen Ton erzeugte, dieser Ton durchschnittlich eine ganze Oktave höher klang, als der bei Unterlassung dieser Vorrichtung erzielte. Desgleichen haben wir bei näherer Betrachtung der hierbei stattfindenden Schwingungen gefunden, dass die des tiefen oder Grundregisters durchschlagende, die des hohen überschlagende waren, d. h. dass bei letztern eine seitliche Umkrümmung der Glottiszone stattfand, bei erstern nur eine Auf- u. Niederbewegung ohne erhebliche Auswärtskrümmung der Bandfläche; ferner, dass bei dem tiefen Register die ganze der ansprechenden Luftsäule zugängliche Bänderbreite in die Schwingungssphäre gezogen wurde, beim hohen Register nur ein aliquoter Theil der Breite. Am todten Kehlkopf verhält es sich im Allgemeinen nicht anders, wenn gleich die abweichende Konstruktion der Stimmbänder hier einige Modifikationen erzeugen muss. Sobald der Stimmbandkörper sich, wenn auch bloss mechanisch, mit an den Schwingungen betheiligte, fiel der Ton caeteris paribus bedeutend tiefer aus, als wenn nur die obere Zone schwang. Sobald ein Seitendruck nur die (seitliche) Spannung der obern Zone vermehrte, ohne die Betheiligung der mittlern und untern Zone zu vermitteln, fiel der Ton gleichfalls höher aus, wogegen er unter das Mittel sich vertiefte, wenn dadurch die untern Zonen in grösserer Breite in gegenschlagende Schwingungen versetzt wurden.

Hinsichtlich der verschiedenen Anspruchsfähigkeit der Stimmbänder haben wir ausser der gegenseitigen Lage der Randzonen letzterer zu einander das Verhältniss der latitudinalen Elasticität der Stimmbänder zur longitudinalen derselben und das Verhältniss dieser beiden Grössen zur Quantität und Spannung der ansprechenden Luftsäule ins Auge zu fassen.

Fig. 166 stelle einen quer durch die Mitte der Glottis geführten Durchschnitt vor. *aa'* sei der Querschnitt der beiden gegeneinander liegenden Stimmbandränder, welche eine bestimmte gleichbleibende Längenspannung haben, und welche wir einstweilen mit elastischen Saiten, die seitlich mit dem dickern Körper *b c* zusammenhängen, vergleichen wollen. In *A* ist die verbindende Membran zwischen *a* und *b* in gleicher Ebene zu *a' b'*, in *B* ist dieselbe beiderseits etwas aufwärts gekrümmt, wie in einigen frühern von uns untersuchten manufakten Vorrichtungen. An *a* kommt zunächst die Extensionselasticität, an *a b* die Biegungselasticität, und an *b c* die Kompressionselasticität in Betracht. Die Elasticitätsaxe von *b c* steht also zu der von *a* senkrecht. Wenn nun der Elasticitätsmodulus, oder der Widerstand, den

die Membran *a b* einer sie noch weiter, als in *B* schon begonnen hat, umbiegenden Kraft entgegensetzt, ein sehr geringer ist, so wird *a a'* schon durch einen sehr geringen Druck auf die Luftsäule *d* aufwärts und dabei *a* von *b'* abwärts getrieben werden, und beide „Saiten" mit einer Geschwindigkeit schwingen, die zwar nicht so hoch ist, als wenn sie frei aufgespannt wären, denn da sie durch die elastische Membran *a b* mit dem dickern Körper *b c* in Verbindung stehen, so werden sie durch den Betrag der andersaxigen Elasticität derselben in ihrer Schwingungsfreiheit etwas behindert werden. Es werden aber die Schwingungen von *a a'* bei gleichbleibendem Luftdruck um so mehr verlangsamt werden, je höher der Elasticitätsmodulus von *a b* gestiegen ist. Es wird dann also auch eine grössere Masse Luft auf einmal erfordert werden, also auch der Druck, der auf *d* ausgeübt werden muss, um ihr überhaupt einen Ausweg zwischen *a* und *a'* zu verschaffen, zunehmen müssen. Nicht minder wird im ersteren Falle, wo der Elasticitätsmodulus von *a b* oder *a b c* ein sehr geringer ist, die Glottiszone oder der Betrag, bis zu welchem das ganze Band von *a* aus nach *b* zu an den primären Schwingungen sich betheiligt, schmäler sein, als im zweiten Falle, wo ausser der longitudinalen Elasticitätsgrösse noch die transversale und latitudinale (die Grösse der Biegungs- und Kompressionselasticität) in Anschlag kommt, und wo also die Leitungsfähigkeit für die Schwingungen eine grössere geworden ist, als im erstern Falle. Denn offenbar wird der Widerstand, den die Glottiszone *a b* bei einer Biegungsspannung von einer Grösse = 1 dem Luftdrucke entgegengesetzt, schon ein Stück vor *b* überwunden sein, bis zu welchem Punkte die primären Schwingungen sich erstrecken, während er bei einer Spannung, welche = 2 beträgt, erst in *b* seine seitliche Grenze findet. Die perpendikuläre Länge der Excursionen beträgt demnach in letzterem Falle noch einmal so viel, als in ersterem: die Schwingungszahl verhält sich aber bekanntlich umgekehrt, sie beträgt in ersterem Falle das Doppelte der des letztern. Da aber ferner ein schlafferes (dünneres) Band sich leichter seitlich umbiegt, die Glottis also im Verhältniss zur Breite ihrer schwingenden Zone sich weiter öffnet, als wenn beide Stimmbänder dicker oder seitlich gespannter sind, so muss auch in ersterem Falle die Tension der durchströmenden Luftsäule eine geringere sein, als in letzterem, also auch der durch die betreffenden Schwingungen gebildete Ton in ersterem Falle eine geringere Intensität, ein matteres, weicheres Timbre besitzen, als in letzterem. Wir sehen nun auch ein, dass die Leitungsfähigkeit der Bänder für die Schwingungen in umgekehrtem Verhältniss zur Anspruchsfähigkeit derselben steht.

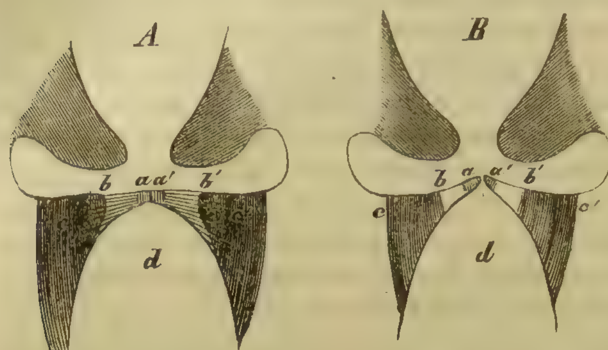


Fig. 166.

Der M. vocalis ist das Organ, welches durch seine Kontraktion dem Stimmbande seine seitliche Elasticität, mithin auch seine Leitungsfähigkeit, wenn auch nicht erst giebt, aber doch so sehr vermehrt, dass der Unterschied des Schwingungsmechanismus bei seiner Unthätigkeit von dem, wel-

cher bei seiner aktiven Kontraktion stattfindet, gerade hinreicht, um die diesen beiden Mechanismen angehörigen Töne als zwei verschiedene Register erkennen zu lassen. Wir haben hier vorläufig angenommen, dass sich die Stimmbänder auf einem mittlern Grade ihrer Längenspannung (über Null) befinden. Wir müssen nun diese verschiedenen Spannungsverhältnisse nach ihrem Mechanismus und den daraus beim Luftanspruch entspringenden phonischen Resultaten genauer untersuchen.

Sind die Stimmbänder durch Kontraktion der die Glottis verkürzenden (den Kehlkopf herabziehenden) Muskeln unter Null verkürzt, so wird der Luftanspruch ein verschiedenes Tonresultat geben, je nachdem der M. cricothyreoideus dabei antagonistisch thätig ist oder nicht. Ist derselbe thätig, so muss es auch der M. vocalis sein, als nächster Antagonist des M. cricothyreoideus. Dann sind aber die Stimmbänder nicht nur verkürzt, der Länge nach abgespannt, sondern auch in einem dem Zuge des Antagonisten entsprechenden Grade gespannt, ihr seitlicher Elasticitätsmodulus hat zugenommen. Die Verkürzung kann natürlich nur so weit gehen, als es die opponirende Verkürzung des M. cricothyr. erlaubt, und die obere Elasticitätsgrenze (grösste Ausdehnung) des Lig. conoideum wird hier noch nicht erreicht. Da also die Thätigkeit des M. cricothyr. hier immer eine geringere sein muss, als die Verkürzung des M. vocalis austrägt, so wird auch die Grösse der Verdichtungselasticität des letztern Muskels hier nie so hoch ausfallen können, als es bei Verlängerung der Glottis möglich ist. Jene Grösse würde natürlich weit höher ausfallen, wenn, wie J. Müller anzunehmen scheint, der M. vocalis das einzige die Glottis verkürzende Organ wäre. Wir wissen aber, dass das Drehungsgeschäft des Schildknorpels dem M. vocalis fast ganz entzogen ist, und zumeist von den hierzu bestimmten, an der Linea obliqua sich inserirenden Muskeln vollzogen wird; ein Fall, der wohl immer eintritt, sobald der Kehlkopf behufs tiefer Brusttöne tief unter Null herabgezogen wird. Hier ist die Verkürzung des M. vocalis eine völlig passive, d. h. er verkürzt sich, weil er dazu genöthigt wird, und ohne dabei den geringsten Widerstand zu überwinden. Von einer Vermehrung seiner latitudinalen Spannung kann hier keine Rede sein. Er wird nur so viel dicker, als er kürzer wird. Zwei nebeneinander liegende parallelfasrige Muskeln müssen aber einen gegenseitigen Druck auf einander ausüben, wenn sie bei sonst gleichbleibenden Insertionsverhältnissen dicker werden. Wenn die beiden Stimmmuskeln $a\ b\ c\ d$ und $a\ b\ c'\ d'$ aus ihrer anfängli- Lage A sich bis zu der Lage B verkürzen, so werden die in A geraden Seitenränder derselben $c\ e\ d$ und $a\ f\ b$ sich in die Kurven (B) $c\ e\ d$ und $a\ f\ b$ zu verwandeln suchen, ebenso A $c'\ e'\ d'$ und $a\ f'\ b$ in B $c'\ e'\ d'$ und $a\ f'\ b$. Da aber schon in A die beiden innern Seitenränder $a\ f\ b$ und $a\ f'\ b$ einander berühren, ohne jedoch einen über die gewöhnliche Adhäsion hinausgehenden Druck auf einander auszuüben,

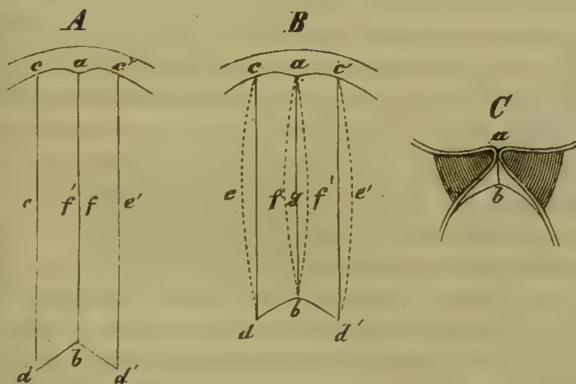


Fig. 167.

und ein gegenseitiges Ueberschreiten der beiden innern Ränder nach *f* und *f'* nicht möglich ist, so wird von *a c e d b f* das Segment *a g d f*, und von *a c' e' d' b f'* das Segment *a g b f'* gegenseitig verdrängt, also die beiden bei Isolirung der Muskeln entstehenden Konvexitäten des innern Randes abgeplattet, und die anfängliche gerade Berührungslinie *a f f' b* erhalten, nur mit dem Unterschiede, dass diese beiden innern Seitenränder jetzt einen Druck auf einander ausüben, der dem Durchmesser des verdrängten Segments proportional ist. So verhält es sich mit dem Muskel, wenn wir ihn von oben betrachten. Nehmen wir dagegen einen mittlern Querschnitt beider Muskeln (*C*), wenn sie glottismässig nebeneinander liegen, so begreifen wir, wie bei einer Verkürzung dieser Muskeln die Berührungslinie *a b* länger werden muss, und zwar in dem Maasse, als sich die Muskeln verkürzen und dabei an Umfang zunehmen. Die Glottis wird demnach, wenn die beiden Stimmbandmuskeln verkürzt sind, gleichviel ob mit oder ohne Antagonismus, nicht nur fester, sonden auch in grösserer Breite (oder Höhe) geschlossen sein, als wenn sie unverkürzt oder verlängert sind. Dieser gegenseitige Druck, den beide Glottisränder oder Glottiswände auf einander ausüben, sobald die Glottis unter Null verkürzt ist, muss in seinen Wirkungen wohl von der seitlichen oder latitudinalen Spannung der beiden Stimmbänder unterschieden werden. Einmal bewirkt er, dass die Stimmbänder beim Schwingen zwei breitere Flächen einander zukehren, was gerade dann am meisten der Fall ist, wenn die seitliche Spannung der Stimmbänder bei grösster Verkürzung derselben auf ein gewisses Minimum gesunken ist, namentlich wenn die Stimmbandkörper gleichzeitig noch von aussen durch Kräfte, die die Schildknorpelflügel komprimiren, gegeneinander geschoben werden. Diese die Glottiswände verbreiternde Funktion des Gegendrucks steht demnach in umgekehrtem Verhältniss zum vorhandenen Elasticitätsmodulus des elastischen Ueberzugs der Stimmbänder, so wie zur Schwingungszahl derselben. Ferner kann er als Mittel wirken, die seitliche Spannung der Stimmbandkörper hinsichtlich ihres tonerhöhenden Einflusses zu verstärken, wie wir bereits bei unsern Versuchen am ausgeschnittenen Kehlkopf erkannt haben. Auch Liskovius hat diesen Einfluss durch seinen 6. und 9. Versuch nachgewiesen. Denn soll die exspirative Luft durch eine fester geschlossene Stimmritze entweichen, so bedarf sie eines stärkern Druckes, als wenn die Glottisbänder sich weniger fest berühren; die Geschwindigkeit, mit welcher sie durch die Glottis streicht (Bewegungsgeschwindigkeit) wird aber auch dann grösser sein, und die Schwingungen der Stimmbänder werden beschleunigt. Wir betrachten zunächst den erstern Fall, wo der Gegendruck der beiden Stimmbänder vertiefend auf den Ton einwirkt.

Ist dieser Gegendruck der hinreichend verkürzten Stimmbänder nur so gross, dass durch einen gewissen Druck der Luftsäule die Glottis noch in ihrer deren Rekursionen die Stimmritze immer noch offen bleibt, wenn gleich sie wedurchschlagenden der Kautschukapparate vergleichbare) Schwingungen, bei einige Thätigkeit entwickeln muss, so entstehen volle gegenschlagende (den ganzen disponibeln Länge geöffnet wird, wobei der M. cricothyr. immer noch gen der Dauer des Gesichtseindrucks geschlossen erscheinen würde (Fig. 168). Die Schwingungszahl des dabei entstehenden Tones wird verschieden ausfallen, je nachdem die seitliche Elasticität des M. vocalis mehr oder weniger austrägt. Im Allgemeinen ist dieselbe niedrig: die tiefen und tiefsten Brusttöne gehören hierher. Luftension und seitliche Spannung stehen dabei im Gleich-

gewicht: der Gegendruck der beiden Glottiszonen auf einander wird durch die (wenn auch geringe) opponirende Kontraktion des M. cricothyreoideus beschränkt und von der Luftsäule noch vollständig überwunden. Dazu ist freilich auch noch erforderlich, dass die Stimmfortsätze der Schneppenknorpel nicht so fest gegeneinander gezogen werden, wie in einem bald zu erörternden andern Falle. Ist der Stimmmuskel stark verkürzt ohne allen Antagonismus, so wird zwar der Ton tiefer ausfallen, als wenn bei vorhandenem Gegenzuge der longitudinale sowohl, als der seitliche Elasticitätsmodulus des Muskels gewachsen ist; aber auch der Schwingungsmechanismus wird nach dem Grade der Elasticität der beiden Bandzonen einen Unterschied zeigen, sobald der Tensionsgrad der ansprechenden Luftsäule hinlänglich differirt. Durch die Verkürzung der Glottis wird die elastische Zone derselben erschlafft, die muskuläre wenigstens kontrahirt; jene wird also andere Verhältnisse ihrer Elasticität darbieten, als diese, welcher Unterschied sich in phonologischer Hinsicht zunächst dadurch zu erkennen giebt, dass hier bei geschlossener Glottis die Fähigkeit, mittels eines durchstreichenden Luftstroms in stehende Schwingungen versetzt zu werden, für die elastische Zone eine grössere ist, als für die muskuläre. Das heist: die elastische Zone wird bei einem Luftstrom von gewisser geringer Spannung bereits in Schwingungen versetzt, welcher die muskuläre Zone (den Stimmbandkörper) noch nicht vibratorisch zu bewegen vermag, vorausgesetzt wenigstens, dass gleichzeitig der Gegendruck der beiden Stimmfortsätze auf einander in hinreichendem Maasse abnimmt. In diesem Falle wird der Ton einige Stufen höher ausfallen, aber auch ein matteres, weicheres Timbre besitzen, als wenn bei stärkerer Lufttension die beiden Mm. vocales an den Schwingungen Antheil nehmen. Es gehören hierher, wie wir früher beobachteten, die matten, um etwa 3 Stufen höher liegenden Töne, welche sich einstellen, sobald man nach Erreichung der tiefsten Brusttöne, die man auf seinem Organe zu erzeugen für gewöhnlich fähig ist, durch abnehmende Lufttension und ohne zunehmenden Gegendruck der Glottiswände noch einen tiefern Ton zu erzeugen beabsichtigt. Dies sind die tiefsten Fisteltöne, die es für das individuelle Stimmorgan giebt, welche jedoch für den Gesang gar nicht verwerthbar sind, sondern vielmehr zu den Fehlern desselben gehören, zumal da sie gewöhnlich nur dann entstehen, wenn aus Mangel an Schleimabsonderung die Anspruchsfähigkeit der 2. und 3. Zone vermindert worden ist. Bei etwas stärkerem Luftdruck und Gegendruck der Bänder tritt der Brustton wieder ein, d. h., ausser der Randzone geräth auch die mittlere Zone oder der M. vocalis in Schwingungen, und zwar in um so grösserer Ausdehnung, je voluminöser und zugleich (soweit es zulässig ist) gespannter der ansprechende Luftstrom ist.

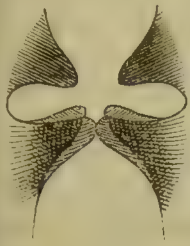


Fig. 168.

Soll (behufs des tiefsten Brusttons) die Glottis und der M. vocalis bis auf ihr Minimum verkürzt werden, so muss jedes Hinderniss dieses Vorgangs beseitigt sein: namentlich muss also jeder Antagonismus, der dem M. vocalis seine Kontraktion erschwerte, wegfallen. Dann bleibt aber auch der Muskel nach seiner Kontraktion weich und schlaff wie zuvor, also auch die Glottiswände werden dann weich und nachgiebig sein. Der Luftstrom, der unter diesen Verhältnissen durch die Glottis streicht, wird daher verhält-

nissmässig sehr voluminös, die phonische Glottisweite sehr gross ausfallen, weil die Luftsäule keinen entsprechenden Gegendruck erleidet; der Ton, der durch die Schwingungen der Glottiszone entsteht, wird daher ebenso weich oder intensitätsarm ausfallen, wie die Glottiswände selbst. Aber nur so lange letztere Eigenschaften vorhanden sind, behält der Ton seine grosse Tiefe: sobald dagegen die Glottiswände nur im Geringsten gespannter, renitenter werden, sobald also der M. vocalis sich, was aber nicht ohne Antagonismus, d. h. einige Verkürzung des M. cricothyreoideus geschehen kann, anspannt, dann erhöht sich der Ton sofort nach Maassgabe dieser Anspannung, die zugleich auch nicht ohne einige Längenspannung des elastischen Gewebes bestehen kann. Daher kann der tiefste Brustton eines menschlichen Stimmorgans nicht geschwellt werden: zu jeder Schwellbarkeit gehört, wie wir weiter unten sehen werden, eine gewisse Erhöhung der Schwingungszahl über das untere Extrem.

Aber noch ein anderer Unterschied im Mechanismus der Schwingungen ist hier möglich.

Je mehr die Stimmbänder sich verkürzen, je dicker die beiden Mm. vocales werden, in desto grösserer Breite oder Tiefe legen sich, wie wir vorhin erwähnten, die beiden Innenflächen der Stimmbänder aufeinander. Wir haben bereits am ausgeschnittenen Kehlkopf gefunden, dass auch dieser Mechanismus den bei Luftgebung entstehenden Ton vertieft. Beträgt nun der gedachte durch die Verdickung der beiden Stimmbandkörper und durch hinlängliche Kontraktion des M. ary-aryt. und crico-aryt. lateralis etc. erzeugte Gegendruck der Stimmbänder soviel, dass die vorhandene Tension der Luftsäule die Glottis nicht in ganzer Länge vibratorich zu öffnen vermag, so entsteht der bereits früher (S. 532) demonstrirte Schwingungsmechanismus des Strohbassregisters. Dass bei den Strohbasstönen der Kehlkopf nicht unter Null herabgezogen wird, beweist, dass die hierbei erforderliche Verkürzung der Stimmritze zunächst durch Kontraktion des M. hyothyreoideus bei Kooperation mit dem M. thyreo-arytaenoideus bewirkt wird, während der M. cricothyr. dieselbe durch irgend einen Gegenzug nicht behindert. Es entsteht hierdurch die bekannte sphinkterische Verengung und Verkürzung der Glottis, welche durch den Luftstrom, der seinen Druck lediglich durch Kontraktion der Bauchmuskeln erhält, nicht vollständig aufgehoben werden darf, wofern nicht eine über der beabsichtigten liegende Schwingungszahl eintreten soll. Die obere Grenze des Strohbassregisters fällt mit dem untersten mit Timbre clair erzeugten Brusttone zusammen, wie wir noch später weiter betrachten wollen.

Es wird also hier nicht nur die Länge der phonischen Glottisöffnung durch die vorn und hinten beginnende Gegeneinanderlegung der beiden Glottiswände sukcessiv verringert, sondern auch der Breite der primär schwingenden Glottiszone durch den dämpfenden Gegendruck allmälig immer mehr entzogen: die Schwingungen der Bänder sind demnach aliquote sowohl der Länge, als der Breite nach. Es sind keine gegenschlagenden oder überschlagenden Schwingungen mehr, sondern aufschlagende, weil der Gleichgewichtszustand hier bereits ein Gegendruck ist; die untere Grenze dieses Registers ist dann erreicht, wenn gedachter Druck so weit vorgeschritten ist, dass durch den vorhandenen Luftdruck die Glottis nur noch in so geringer Länge geöffnet wird, als noch zum Zustandekommen einer Aufeinanderfolge kurzer Geräusche oder Klappe, die einen Ton von bestimmbarer Schwin-

gungszahl zulässt, erforderlich ist Je tiefer also der Ton an Schwingungszahl und Klang sinkt, desto weniger Luft streicht auf einmal durch die Glottis: der Ton lässt sich hier mit einem in einzelne Tropfen zerissenen Wasserstrahl vergleichen, denn die Luft tritt nur in einzelnen Blasen durch die sich fortwährend zu schliessen strebenden Glottiswände.

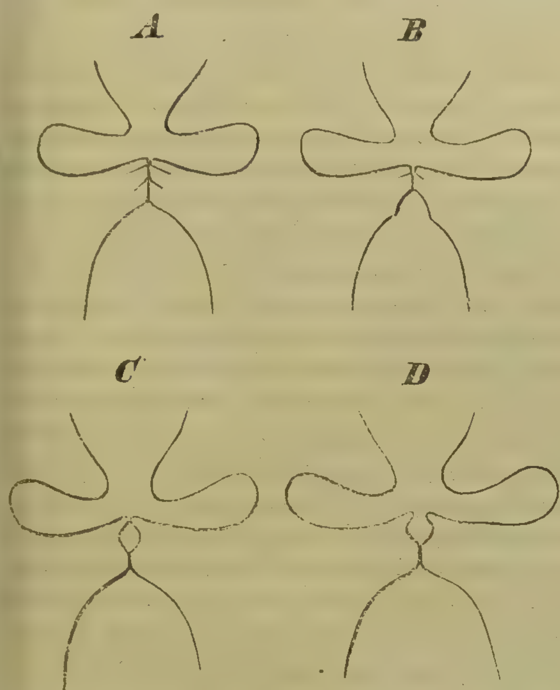


Fig. 163.

Fig. 169. soll den Durchgang einer solchen Blase, also einen Schwingungsvorgang des Strohbasses, in seinen einzelnen Stadien versinnlichen. *A* Toneinsatz; *B* Oeffnen der untern Zone durch die Luftblase; *C* Oeffnen der mittlern Zone bei Schluss der obern und untern; *D* Entweichen der Blase durch die obere Zone. Dann folgt für die nächste Blase wieder *B* u. s. w. —

Sobald die untere Elasticitätsgrenze des elastischen Ueberzugs der Stimmbänder erreicht ist und dabei der Gegendruck der beiden Stimmbandkörper sein Maximum erreicht hat, und sobald nur die geringste zur Glottisöffnung überhaupt mögliche Quantität von exspirativer Luft zum Anspruch verwendet wird, dann ist auch das Strohbassregister und überhaupt der ganze Tonbereich des Individuums auf seiner untern Grenze angelangt.

Es liegt nun auf der Hand, dass beim Strohbass die durch die Glottiswände gleichsam in abgerissenen Tropfen oder Blasen durchgepresste Luft eben deshalb, weil sie zu keinem zusammenhängenden Strome gelangt, auch nicht die Luftsäule des Ansatzrohrs und Windrohrs in tönende Mitschwingungen versetzen kann. Dadurch erhalten (oder behalten vielmehr) die Töne dieses Registers ihr eigenthümliches Gepräge, das gar nicht mehr auf den Namen eines Klanggepräges Anspruch machen kann: die Töne sind, namentlich die tiefern, eben ohne Klang, klangleer, welche Eigenschaft durch das in den Terminus aufgenommene Wort „Stroh" nicht unpassend bezeichnet wird. Es fehlt diesen Tönen die Resonanzfähigkeit, weil die Elasticität der sie erzeugenden Gebilde bis zu ihrer untern Grenze gesunken ist. Für die Strohbasstöne ist das Ansatzrohr so gut wie vergeblich geschaffen worden, weil hier die Luftsäule nicht von vorn herein, von der Glottis aus, in Mitschwingungen versetzt wird.

Bei allen diesen phonischen Phänomenen durfte die opponirende Kontraktion der die Glottis verlängernden, die Stimmbänder in die Länge spannenden Muskeln eine nur regulirende, kompensirende, der Druck der Luftsäule ein nur geringer sein, weil der seitliche Elasticitätsmodulus nicht über ein gewisses Maass erhöht, oder eine sekundäre Erhöhung desselben nicht durch verstärkten Luftdruck provocirt, die Schwingungszahl des Tons dadurch

nichterhöht werden soll. Jetzt wollen wir diese Rücksichten fallen lassen, und untersuchen, was geschieht, wenn bei sonst gleichen Verhältnissen, namentlich bei immer noch bleibender, wenn auch geringer Verkürzung der Glottis, der Antagonismus seiten der die Glottis verlängernden Muskeln freies Spiel erhält und der Druck und die Masse der ansprechenden Luftsäule bis zu einem gewissen Maximum gesteigert wird. Wir betrachten bei dieser Gelegenheit die zweite Funktion des Gegendrucks der Stimmbänder auf einander, die in Erhöhung der Schwingungszahl besteht.

Schon J. Müller stellte den Satz auf, dass tiefe Töne sowohl bei kurzer als bei langer, hohe Töne sowohl bei langer als auch bei kurzer Stimmritze erzeugbar sind, wenn nur die Stimmbänder bei langer Stimmritze für hohe Töne zugleich stärker gespannt, bei kurzer Stimmritze für tiefe Töne völlig erschlafft sind. Unter Spannung versteht Müller stets die Längenspannung. Er verkürzte die Bänder nach Belieben durch Zusammendrücken der „Lippen der Stimmritze“ mittels einer Pincette in dem Raume vor den Stimmfortsätzen ohne Veränderung der Spannung, und gab den Bändern jede beliebige Abspannung durch Zurückdrücken des Schildknorpels. Durch Anwendung dieser Vorrichtungen will er zu dem vorerwähnten Resultate gelangt sein. Aber wie stimmt das zu den Ferrein'schen Versuchen über die Wirkung der Verkürzung der Stimmbänder, welche Müller unter die besten zählt, die je gemacht worden sind, und welche er mit demselben Erfolge wiederholte, der nämlich darin besteht, das die Schwingungszahl des Tones caeteris paribus in umgekehrtem Verhältniss zur Länge des Bandes steht? Sobald man die Stimmbänder eines ausgeschnittenen Kehlkopfs ohne Veränderung der Spannung, d. h. bei gleichbleibendem Abstand des Pomum von den Stimmfortsätzen, mag dieser anfängliche Spannungsgrad ein erhöhter oder verminderter sein, durch Zusammendrücken einer Pincette verkürzt, so muss sich der Ton nach Maassgabe dieser Verkürzung erhöhen, und wenn zu Anfang die Stimmbänder möglichst erschlafft waren, so ist diese Tonerhöhung eine absolute, nicht mehr (wie es bei geringerem Abspannungsgraden möglich ist) durch nachträgliche Weitererschlaffung aufzuhebende.

Liskovius ging einen Schritt weiter, als J. Müller, und fand, dass nicht nur die (Längen-) Spannung, allein, sondern auch die „damit verbundene“ gegenseitige Berührung der Stimmbänder tonerhöhend wirkt. Er fand bei seinen Versuchen ferner, ebenso wie ich bei meinen, in ziemlich gleicher Weise angestellten (S. 530), dass bei gleichbleibender Glottislänge, z. B. bei völliger Erschlaffung der Bänder, durch Gegendruck der beiden Stimmbänder aufeinander, also durch Verengung der phonischen Glottisweite, der Ton allmälig höher wird, bis über eine Oktave. Er fiel aber in denselben Fehler, wie Müller, indem er jedes Stimmband, das durch Längenabspannung verkürzt war, erschlafft nennt, wenn es auch von den Seiten her möglichst komprimirt ist. Ueber das Wesen dieser „seitlichen Spannung“ der Stimmbänder waren beide Phonologen im Unklaren, sowie sie auch keinen Versuch machten, die durch die hierher gehörigen Experimente erhaltenen Ideen für den Mechanismus des lebenden Organs weiter auszuführen.

Auch Harless ist auf halbem Wege stehen geblieben. Er hat zwar das Verdienst, zuerst in entschiedener Weise zwischen Verlängerung, Verkürzung und Spannung der Stimmbänder unterschieden zu haben, er weiss zwar, dass Verkürzung derselben mit grosser, Verlängerung mit geringer

Spannung bestehen kann, aber er hat weder die verschiedenen Elemente und Träger dieser „Spannung", noch die daraus möglicher Weise entspringenden phonischen Phänomene genauer analysirt.

Wenn bei mittlerer Glottislänge oder bei einer geringen Verkürzung der Glottis unter Null der M. cricothyreoideus durch seine Kontraktion sich bemüht, die Glottis zu verlängern, die aber auf ihrer anfänglichen Länge dessen ungeachtet erhalten werden soll, so muss sich der M. vocalis gleichfalls zusammenziehen, und zwar muss seine Thätigkeit noch etwas mehr austragen, als die des Antagonisten. Die auf dem Nullpunkte noch etwas offen stehende Glottis wird dadurch geschlossen, die Stimmbänder, welche vorher schlaff und nachgiebig waren, werden jetzt hart und renitent, ein Luftstrom, welcher jetzt durch die Glottis getrieben wird, muss von einem grössern Drucke getrieben werden, damit er die Glottis in für die Eigenschaften des beabsichtigten Tones gehörigem Maasse öffnen und ihre Ränder oder Wände in Schwingungen von der gewünschten Schnelligkeit versetzen könne. Während in unserem vorigen Falle zwei schlaffe, weiche, leicht verschiebbare Muskeln gegen einander gelagert waren, ohne sonderlich einander zu drücken, so drücken jetzt zwei harte, der Verschiebung widerstehende Muskelkörper auf einander, die sich nicht mehr so leicht von einander trennen lassen, als vorher, dazu also eines gespanntern Luftstroms bedürfen. Bleibt das gegenseitige Längenspannungsverhältniss der beiden genannten Muskelsysteme dasselbe, der Druck, den beide auf einander ausüben, desgleichen (wir setzen hier also voraus, dass die sphinkterische Aktion der die Stimmfortsätze gegen einander haltenden Muskeln auch unverändert bleibt), nimmt dagegen der Druck auf die zum Anspruch vorhandene exspirative Luftsäule zu, so wird die Glottis während des jetzt eintretenden Schwingungsvorgangs sich weiter öffnen, die Exkursionen eine grössere Amplitude zeigen, und der Ton dadurch grösser, stärker und höher werden: grösser, weil eine grössere Menge Luft zur Tonbildung verwendet wird, stärker, weil die Luft mehr gedrückt wird und die Exkursionen sich weiter erstrecken, höher, weil die Geschwindigkeit, mit der die Luft durch die Glottis streicht, zugenommen hat. Es werden die bei diesem Mechanismus erhaltenen Töne um so höher und zugleich stärker ausfallen, je mehr der gedachte Muskelantagonismus Energie entwickeln kann. Die Stellung, welche dabei der Kehlkopf am Halse einnimmt, ist eine verhältnissmässig tiefe, weil der Schildknorpel und Ringknorpel fixirt werden müssen, damit nicht der Druck der von unten kommenden, nach oben drückenden Luftsäule eine der Schwingungszahl des Tones nachtheilige Verrückung dieser Theile bewirken könne.

Am ausgeschnittenen Kehlkopf vermochte sowohl Liskovius als auch Ich durch sukcessiven seitlichen Gegendruck und durch Verstärkung der Lufttension bei gleichbleibender mittlerer Glottislänge einen Tonumfang von mindestens einer Oktave zu erzeugen. Bei der lebendigen Stimmbildung giebt es keine absolute Kehlkopfdisposition, die bei jedem beliebigen Luftdruckwechsel unverändert bliebe: für jeden Ton von gewissen Eigenschaften besteht hier ein bestimmter Mechanismus, bei welchem schwerlich Ein Element so eigensinnig und hartnäckig in den Vordergrund tritt, wie bei den gedachten Versuchen am todten Kehlkopf. Uebrigens nehmen die Töne der bei denselben erhaltenen Reihe immer mehr an Grösse oder Extensität ab, je mehr die Kompression der Stimmbänder zunimmt, ein Fall, der im Le-

ben nicht in gleicher Weise vorkommt, in der Regel als Fehler (beim Gesange) zu betrachten ist, und nur für das Timbre clair eine bedingte Verwendung findet, wie wir bald näher kennen lernen werden.

Längenspannung und seitliche Spannung müssen, wenn die Töne normal gebildet werden sollen, immer in einem gewissen Verhältniss zu einander stehen. Beide Spannungen zusammen erzeugen zwei einander entgegengesetzte Bewegungen der Stimmbänder, dergestalt, dass gleichzeitig die Länge der Glottis um so viel grösser, als die phonische Weite derselben kleiner wird; dadurch wird die Grösse der verschiedenstufigen Töne auf gleichem Maasse erhalten.

Die auf dem eben beschriebenen Wege am lebenden Kehlkopf erhaltenen Töne sind Brusttöne, d. h. durch gegenschlagende Schwingungen erhaltene Töne, bei welchen sich ausser der obern oder der Rand-Zone auch die mittlere oder der Stimmbandkörper je nach der Luftgebung mehr oder weniger betheiligt. Der Schwingungszahl nach gehören diese Töne zu den mittlern des Tonbereichs des Individuums, oder zu den Tönen, in welchen dasselbe spricht, wenn es einen gewissen Ausdruck in seine Worte legen will. Sie sind ausserdem schwellbarer, als die vorigen, den tiefsten des Brustregisters angehörigen Töne. Wir können daher auch den M. vocalis den schwellenden oder tonverstärkenden Muskel nennen. Ueber die Schwellung oder das Crescendo der Kehlkopftöne haben wir schon früher Einiges gesagt, und namentlich die Umstände hervorgehoben, unter welchen ein geschwellter Ton seine Schwingungszahl beibehält. Bei gegenwärtiger Gelegenheit wollen wir über die Schwellbarkeit und deren Grade noch Etwas hinzufügen.

Wir wissen, dass die tiefsten Töne, deren ein Stimmorgan fähig ist, nicht geschwellt werden können, während die mittlern und hohen Töne eine Schwellung vom *pp* bis zum *ff* zulassen, wogegen die höchsten Töne wiederum wenig Abstufung ihrer Grösse und Stärke erlauben. Zu jeder Tonschwellung gehören drei Elemente: das treibende, das schwellende und das zu schwellende. Das treibende Element sind die Exspirationsmuskeln, welche die inspirirte Luft gegen die Glottis bewegen. Das schwellende Element ist die Luftsäule selbst, welche durch ihren Druck und ihre Bewegung wirkt. Das zu schwellende Element sind die exkurrirenden Stimmbänder, deren Schwingungsamplitude vergrössert, d. h. geschwellt werden soll. Es liegt nun auf der Hand, dass die schwellbarsten Töne diejenigen sind, welche sowohl durch sehr schmale, als auch durch sehr breite Exkursionen sich erzeugen lassen. Diese Eigenschaft ist nicht vorhanden, wenn die Stimmbänder so nachgiebig sind, dass sie schon bei einer geringen Verstärkung des Luftdrucks so weit auseinander weichen, dass dadurch die phonische Glottisweite ihr relatives Maximum überschreitet. Sobald aber die Stimmbänder einen solchen Spannungsgrad besitzen, dass sie nicht nur schon bei einem sehr niedrigen Luftdruck anspruchsfähig sind, sondern auch, ohne in ihren Elasticitäts- und Kohäsionsverhältnissen beeinträchtigt zu werden, noch bei einem hohen Luftdruck den einmal eingeleiteten Schwingungsmechanismus in seiner Vollständigkeit behalten, dann besitzen die bei demselben erzeugbaren Töne einen hohen Grad von Schwellbarkeit. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass der Vorrath an exspirativer Luft gross genug und die Exspirationsmuskulatur energisch genug sei, um die nöthige Treibkraft zu entwickeln.

Wir fügen nun dem Stimmbändermechanismus sein letztes wesentliches Moment hinzu, die Längenspannung.

Von jeher bis auf die neueste Zeit hat es unter denen, welche über den Mechanismus des menschlichen Stimmorgans nachgedacht haben, solche gegeben, welche die Begriffe Länge und Längenspannung nicht scharf genug von einander zu trennen vermochten, und daher bei Erwägung des bekannten akustischen Gesetzes, dass eine lange Saite oder ein langes elastisches Band caet. par. einen tiefern Ton gebe, als ein kurzes, so wie der Erfahrung, dass ein kleinerer Kehlkopf eine höhere Stimmlage bedinge, ein grösser eine tiefere, nun auch ohne weiteres Bedenken folgerten, dass an einem und demselben Kehlkopfe die Stimmbänder behufs der Vertiefung des Tones verlängert, behufs der Erhöhung verkürzt werden müssten, obwohl bereits vor mehr als hundert Jahren Ferrein durch seine klassischen Versuche das Gegentheil mit unumstösslicher Gewissheit nachgewiesen hatte, und alle spätern exakten Forscher zu gleichem Resultate gelangt waren. Aus der neuern Zeit gehören zu jenen Irrlehrern namentlich Huschke (Eingeweidelehre, Leipzig 1844, S. 246) und Eirel (Stimmfähigkeit, Wien 1854, §. 77). Wir wissen aber, dass elastische Saiten und Bänder, wenn sie in die Länge gespannt und dadurch länger werden, ihren Ton erhöhen, und dass die Stimmbänder des Kehlkopfs von diesem Gesetz keine Ausnahme machen.

Bisher stand das elastische Gewebe der Stimmbänder auf oder unter dem Nullpunkt oder Gleichgewichtszustand seiner elastischen Spannung, während der Stimmbandmuskel mit oder ohne Gegenzug seiten des M. cricothyreoideus kontrahirt war, d. h. gleiche Länge mit den elastischen Bändern annehmen musste. Jetzt wird durch die in den Vordergrund tretende aktive Zusammenziehung der Kehlkopfheber und des M. cricothyreoideus der Abstand zwischen Stimmfortsätzen und Schildknorpelwinkel vergrössert, und somit die Stimmbänder in die Länge gespannt, das Ligam. conoideum abgespannt. Der M. vocalis wird in allen Fällen durch die Verlängerung, die er erleidet, dünner, der Querschnitt des ganzen Stimmbands kleiner, der Gegendruck, den die beiden mittlern Zonen der Glottiswände auf einander ausüben sollen, wird dadurch um so schwieriger, je mehr jene Längenspannung austrägt, jedenfalls wird diese mittlere Glottiszone in gleichem Verhältniss schmäler. Im Uebrigen spielt jetzt der M. vocalis die Rolle eines Antagonisten, denn er strebt durch seine Kontraktion die Glottis zu verkürzen. Es liegt daher ganz in seiner Willkühr, ob er sich reaktiv kontrahiren soll oder nicht: eine Nothwendigkeit dazu ist wenigstens nicht vorhanden. Es kommt jedoch ausser dem Willen noch auf gewisse sekundär-antagonistische Einflüsse an, ob der M. vocalis seinen Elasticitätsmodulus erhöhen, ob hiernach die Glottiswände an seitlicher Spannung gewinnen sollen, oder nicht. Diese Einflüsse sind: vermehrter Seitendruck der Luftsäule, welcher die Glottiswände zu weit von einander zu entfernen strebt; und das Bedürfniss die (nur wenig verlängerte Glottis) mehr zu verengen, wofern zur Tonbildung nur wenig Luft auf einmal verwendet werden soll.

Durch die Längenspannung wird, wie wir längst wissen, der Ton, den die einander hinlänglich genäherten Stimmbänder, wenn von einer Luftsäule intonirt, geben, in einem derselben so ziemlich entsprechenden Verhältniss erhöht. Die Stimmbänder verhalten sich hier im Allgemeinen, wenn wir von dem Einflusse des muskulösen Bestandtheils derselben einstweilen absehen,

wie andere elastische Membranen oder Saiten, welche gleichfalls höhere Töne geben, sobald sie in ihrer Längenaxe gespannt oder in ihrer Masse verdünnt und so ansprucbsfähiger gemacht werden. Im lebenden Organ treten aber noch einige andere Einflüsse dazu.

Während bei Verkürzung der Stimmbänder unter Null die Spannung des elastischen Ueberzugs derselben abnimmt, die des Muskelkörpers zunimmt, wenn auch in verschiedenem, je nach dem Grade des reaktiven Gegenzugs seiten des Cricothyreoideus wechselndem Verhältniss, während auf dem phonischen Nullpunkt in dieser Hinsicht ein Gleichgewichtsverhältniss stattfindet, so nimmt jetzt bei Verlängerung der Glottis über Null, die Spannung der elastischen Bänder zu, die des Muskelkörpers ab. Letzterer wird zwar eben so weit verlängert, als erstere, aber er gewinnt dadurch nichts an elastischer Spannung, die er einem andern Körper gegenüber geltend machen könnte; nur wenn er sich diesem Zuge widersetzt, ihm also nicht passiv folgt, sondern den Raum, welchen der an ihm ziehende Körper durchläuft, zu verkürzen strebt, dann erhöht sich seine elastische Spannung, und es summirt sich dieselbe mit der des elastischen Ueberzugs.

Dass diese verschiedenen Zustände, unter den sich der M. vocalis, und zwar nach eigener Willkühr, befinden kann, auf den Phonationsakt von erheblichem Einfluss sein müssen, haben wir schon einigemale angedeutet. Wir haben gelehrt, dass bei aktiver Spannung des M. vocalis die sogenannten Brusttöne sich bilden, bei Mangel dieser Spannung Fisteltöne. Wir haben ferner nachgewiesen, dass dieser Unterschied des Schwingungsmechanismus zunächst auf Aenderung der Anspruchsfähigkeit der Glottis und auf der Schwingungsleitungsfähigkeit der Bänder beruht. Diese Fähigkeit nun, zweierlei Tonregister bei verschiedenem Luftanspruch zu bilden, hängt hier wesentlich von der Zuschärfung des Winkels ab, unter welchem beim Phonationsprozess die obere und innere Fläche des Stimmbands zusammenstossen. Erst wenn dieser Winkel so weit reducirt oder zugespitzt worden ist, dass bei dem ohne aktive Spannung des M. vocalis bewirkten Glottisschluss, der hier mit dem Toneinsatz zusammenfällt, nur die beiderseitigen obern Zonen sich berühren, ist das Falset möglich. Diese Reduktion beginnt aber erst vom Nullpunkt an in der bezeichneten registrirfähigen Weise. Denn bei Verkürzung der Glottis unter Null ist der Stimmbandmuskel unter allen Umständen verdickt, und bewirkt beim gewöhnlichen phonischen Glottisschluss eine gegenseitige Berührung der beiden obern und mittlern Glottiszonen, die sich durch Veränderung des Luftanspruchs nicht oder nur ausnahmsweise in eine blosse Berührung der beiden obern Zonen umändern lässt. Hier kann nur ein dickerer, wenn auch nicht sonderlich gespannter Luftstrom legitime Glottisschwingungen erzeugen; die Randzone allein ist nicht anspruchsfähig. Daher reicht die untere Grenze des Fistelregisters eines individuellen Organs nicht unter den Nullpunkt desselben.

Die Stimbänder gerathen also unter allen Verhältnissen durch den Impuls der durch sie streichenden Luftsäule nur so weit in primäre Zungenschwingungen, als sie elastisch gespannt und mithin anspruchsfähig sind. Besitzt nur die Randzone diese Eigenschaft, die mittlere, den grössern Theil des M. vocalis begreifende Zone nicht, so schwingt nur erstere; ist aber letztere mitgespannt, so schwingt sie auch mit. Weil in ersterem Falle der schwingende Körper einen weit geringern Querschnitt besitzt, als in letzte-

rem, so muss die Schwingungszahl des durch seine Vibrationen erzeugten Tons höher ausfallen, als im andern Falle, wo der Querschnitt beträchtlich grösser ist. Aber es kommt hierbei bekanntlich auch auf den Grad der seitlichen Spannung oder des seitlichen Elasticitätsmodulus an. Ist derselbe gering, wie er es sein muss, wenn der M vocalis schlaff ist und keinen Widerstand dem nach oben und aussen gehenden Druck der Luftsäule entgegensetzt, so krümmt sich die Glottiszone bei ihren Schwingungen um, eben so, wie wir es bei unsern mit hohem Register schwingenden elastischen Doppelzungen beobachtet haben, die phonische Glottisweite nimmt im Verhältniss zur Bänderspannung und zur Lufttension mehr zu, der Ton wird dadurch höher, weicher, intensitätsärmer, weniger schwellbar, kurz, er bekommt alle die Eigenschaften, die wir an den Fisteltönen kennen. Bei den Brusttönen dagegen ist Alles umgekehrt. Hier sind, wie wir schon früher nachgewiesen haben, zwei Elasticitäten thätig, eine mit longitudinaler, eine mit transversaler Axe, welche in ihrer Zusammenwirkung den Elasticitätsmodulus des ganzen Stimmbands, so weit es anspruchsfähig ist, erhöhen, vielleicht verdoppeln, demnach den Widerstand, den es der Luftsäule entgegensetzt, in gleichem Maasse vermehren, dadurch den Tonkörper vergrössern und die Schwingungen in demselben Verhältniss verlangsamen, aber auch dem Tone diejenigen Eigenschaften geben, an welchen wir den Brustton erkennen.

Vom phonischen Nullpunkt der Glottis an steigt das Brustregister etwa $1\frac{1}{2}$ Oktave aufwärts, das Falsetregister dagegen, welches hier erst anfängt, über 2 Oktaven weit. Dieser Erhöhungsbetrag wird für das Brustregister zunächst und hauptsächlich durch die Längenspannung der Stimmbänder bestimmt, für die höhern Töne des Falsetregisters ausserdem wesentlich durch eine mittels Kompression erzielte Längen-Aliquottheilung oder Verkürzung derselben, wie sie beim Brustregister nicht statthaft ist. Rechnen wir die auf letzteres Motiv kommenden Tonstufen (Kopfregister Garcia's) ab, so bleibt für das Falset im engern Sinne nur eine Reihe von höchstens eben so viel Tönen, als die entsprechende Reihe des Brustregisters beträgt, übrig, welche mittels Längenspannung der Stimmbänder erzeugt werden können. Bedenken wir nun, das für das Falsetregister die Bänder weiter in die Länge ausgezogen werden können, als für das Brustregister, wo die antagonistische Kontraktion des M. vocalis die Länge der Bänder fortwährend zu verringern oder deren Verlängerung zu beschränken strebt, so stellt sich heraus, dass die Stimmbänder für eine gewisse Tonstufe des Falsets sich um ein grösseres Stück verlängern müssen, als für eine gleiche Tonstufe der Brustscala. Diese Ansicht gewinnt nicht nur durch die am lebenden Organ von uns gemachte Beobachtung Bestätigung, dass der Kehlkopf bei aufsteigender Fistelscala caeteris paribus lebhaftere Bewegungen nach auf- und vorwärts am Halse macht, als bei der Brusttonscala, sondern stimmt auch mit dem gleichfalls von uns gefundenen Erfahrungssatze überein, dass behufs der Brusttöne der Elasticitätsmodulus der Stimmbänder höher steigt, als behufs der Fisteltöne. Die von uns in Vorigem (S. 685) mitgetheilten Versuche haben uns aber gelehrt, dass Bänder von höherem Elasticitätsmodulus caeteris paribus durch eine zur Erreichung einer gewissen Tonstufe nöthige Längenspannung weniger an Länge gewinnen, als Bänder von geringerem Elasticitätsmodulus. Ferner haben wir gefunden und gelehrt, dass beim Falset die Bänder in geringerer Breite schwingen, als beim Brustregister. Auch

dieser Satz stimmt mit dem Resulate der letztern Versuche überein, welches lehrt, dass caeteris paribus Bänder von geringerer Breite weiter in die Länge ausgezogen werden müssen, um bis bis zu ihrem Altissimum zu gelangen, als Bänder von grösserer Breite.

Aus allen diesen Untersuchungen geht hervor, dass beim Brustregister des menschlichen Stimmorgans ein breiterer und dickerer Schallkörper schwingen muss, als beim Falsetregister. Aber der Umfang des Brustregisters würde gewiss verhältnissmässig noch mehr austragen, als der des Falsets, und die Stimmlage des erstern würde verhältnissmässig noch tiefer unter letzteres herabreichen, wenn nicht die Zunahme an Dicke der Stimmbänder beim Brustregister durch einen Körper von im Allgemeinen geringerer Elasticität bewirkt würde. Das elastische Gewebe des Stimmbänderapparats steht bei den Paralleltönen (s. S. 622) auf einem und demselben Spannungsgrade, das Muskelgewebe desselben wechselt seine Spannung und seinen Elasticitätsmodulus je nach dem Tonregister und selbst nach der Schwingungszahl des einzelnen Tones. Aus diesem Grunde können auch die Paralleltöne nicht immer 1 Septime oder 1 Oktave auseinander liegen; so hoch kann der Abstand nur ausfallen, wenn die zu der des elastischen Apparats tretende aktive Spannung des M. vocalis ihr Maximum von Tonvertiefungsfähigkeit erreicht hat. Dies geschieht aber dann, wenn die Stimmbänder auf die Hälfte der ihnen vom Nullpunkt an überhaupt durch die disponibeln Mittel erreichbaren Verlängerung gekommen sind. Denn dann vermögen sowohl die die Stimmritze verlängernden Muskeln nach der einen, als auch der M. vocalis nach der andern Richtung hin sich mit gleicher Energie zusammenzuziehen, und die longitudinale Elasticität der Stimmbänder steht mit der latitudinalen auf gleicher Höhe. Wenn nun, wie wir gelehrt haben, der funktionelle Zutritt der letztern Elasticität zu ersterer eine die Wellenbewegung verlangsamende Wirkung ausübt, so muss diese Verlangsamung am ergiebigsten ausfallen, wenn die latitudinale Elasticität am meisten wirken kann. Dies kann sie aber nur in dem angegebenen Falle, denn wenn die Stimmbänder kürzer geworden sind, dann fehlt dem M. vocalis der zur Entwickelung seiner Energie erforderliche Antagonismus, und wenn sie länger gezogen sind, dann ist der Antagonismus stärker, als dass er, d. h. er allein, zumal bei der vorhandenen passiven Ausdehnung seiner Fasern, fähig wäre, einen Gegenzug auszuüben, der dem bei geringerer Verlängerung der Bänder möglichen gleichkäme.

Aber bevor wir in diesem Thema weiter gehen können, müssen wir auf die sich uns hier aufdrängende Frage antworten, ob nicht neben der Längenspannung der Stimmbänder und der Kontraktion der Stimmbandmuskeln auch eine Verkürzung dieser Organe, bei gleichbleibender elastischen Spannung derselben, den Ton erhöhen kann, und ob ausser den überhaupt von uns bisher aufgeführten nicht noch andere tonabstufende Elemente existiren. Zu diesem Zwecke müssen wir vor Allem die Modifikationen des Volumens und der Tension (Vis a tergo) der die stehenden Schwingungen der Stimmbänder erregenden und unterhaltenden Luftsäule, so wie des Gegendrucks (Vis a latere), den dieselbe erleidet, etwas näher, als es bisher von uns geschehen ist, ins Auge fassen.

Die inspirirte Luft, oder der gesammte Luftinhalt der Lungen nach einer Inspiration steht vom ersten Augenblick der Exspiration an unter einem fortwährenden Drucke von Seiten der Thorax- und Bauchwandungen, de-

ren Muskeln sich zusammenziehen. Mittels dieses Druckes (Vis a tergo) wird die Luft aus den Lungen in die Luftröhre und aus dieser in die Glottis getrieben. Je enger die Glottis, d. h. je gespannter ihre Wandungen, je fester der Schluss der Stimmfortsätze, und je geringer der auf die vorhandene Luftmasse ausgeübt Druck ist, desto länger lässt sich die (phonische) Exspiration fortsetzen, desto länger lässt sich der eingesetzte Ton aushalten, der unter diesen Umständen piano oder pianissimo ausfallen und diesen niedrigen Grad der Tonstärke behalten wird, so lange der Druck, unter welchem die exspirative Luftsäule steht, nicht vermehrt, und die Spannung, welche die Glottisdimensionen bestimmt, nicht verändert wird. Sobald aber der exspirative Luftdruck zunimmt, während die Spannung der Glottiswände dieselbe bleibt, und der Kehlkopf seinen Standpunkt am Halse nicht verändert, wird der Ton nicht nur stärker, sondern auch höher werden, weil durch die Vermehrung des Drucks, den die Luftmasse erleidet, auch die Ausflussgeschwindigkeit der Luftsäule erhöht wird, weil sich also in der Glottis die Luft mit grösserer Geschwindigkeit bewegt, und die von diesem Strom getroffenen Stimmbänder auch, so viel sie vermögen, an dieser Bewegungsbeschleunigung Theil nehmen müssen. Wird dagegen in demselben Verhältniss, als diese Druckvermehrung und Beschleunigung der Luftsäule austrägt, die Spannung der Glottiswände vermindert, so wird der Ton, trotz seiner Verstärkung, dennoch seine Schwingungszahl beibehalten. Da nun, wie wir gezeigt haben, durch Herabziehung des Kehlkopfs die Glottis verkürzt und dadurch die Glottiswände erschlafft werden, so begreifen wir, weshalb beim Crescendo eines *p* eingesetzten (Brust-) Tones der Kehlkopf fällt. — Das Umgekehrte findet beim Decrescendo statt. Sobald der exspirative Luftdruck abnimmt und der Kehlkopf seinen Standpunkt am Halse nicht verändert, wird der Ton nicht nur schwächer, sondern auch tiefer werden, weil durch die Abnahme des Drucks, welche die Luftmasse erleidet, auch die Bewegung der Luft durch die Glottis verlangsamt wird, und die Stimmbänder in einem langsamer sich bewegenden Luftstrome nicht mehr so schnell schwingen können, als vorher. Wird dagegen in gleichem Verhältniss dieser Drucks- und Bewegungsabnahme die Spannung der Stimmbänder erhöht, so wird der Ton trotz seiner Abschwächung doch seine Schwingungszahl behalten. Durch Aufwärtsziehung des Kehlkopfs wird aber die Glottis verlängert, daher sehen wir den Kehlkopf bei Abnahme des Athems und Tones steigen.

Während die in Exspiration begriffene Luftmasse im Thorax sich nicht nur nach oben und seitwärts, sondern auch nach unten zu expandiren strebt, ist sie, in die Luftröhre getrieben, in einer nur aufwärts gehenden Bewegung begriffen; sie wird von unten nach oben gedrängt, übt aber dabei auch ihrerseits einen Druck gegen die Wandungen des untern Theils des Kehlkopfs aus, so weit sich dieselben der aufwärts gehenden Bewegung der Luft widersetzen. Da nun der Kehlkopf auf der nachgiebigen Luftröhre aufsitzt, so wird durch diesen Luftdruck der Kehlkopf, sobald er nicht durch anderweite Kräfte festgehalten wird, nach oben bewegt werden, wobei die Luftröhre länger werden muss. Ausser diesem nach aufwärts gehenden Druck übt aber die exspirative Luftsäule auch einen Seitendruck auf die Luftröhren- und Kehlkopfwandung aus, welchem diese nach Maassgabe ihres Elasticitätsmodulus mehr oder weniger Widerstand leistet. Dieser Seitendruck muss um so grösser ausfallen, je mehr die Luftsäule an ihrer Auf-

wärtsbewegung behindert wird, je enger also die Ausflussmündung, die Glottis, je höher ferner der Druck ist, unter dem die gesammte Luftsäule steht, und je mehr dem aufwärts gehenden Druck derselben in seinem Streben nach Verlängerung der Luftröhre Widerstand geleistet wird. Unter diesen Umständen wird sich die Luftröhre erweitern, wenn sie sich nicht verlängern kann; sie wird sich dagegen verlängern, wenn die Luftsäule in ihrem Streben nach Aufwärtsdrängung des Kehlkopfs noch durch anderweite Kräfte unterstüzt wird. Verlängern kann sich aber die Luftröhre nicht, wenn der Kehlkopf durch Muskelkraft auf einer gewissen tiefen Stellung festgehalten wird; erweitern kann sie sich nicht, wenn der Kehlkopf behufs der Unterhaltung eines dünnen, mit vermehrter Schnelligkeit durch die verengte und verkürzte Glottis zu treibenden Luftstroms aufwärts gezogen wird. Ist der Seitendruck sowohl, als auch der Aufwärtsdruck ein geringer, ist demnach die Bewegung der Luftsäule in der Glottis retardirt, und sind die Glottiswände wenig gespannt, wie es für die Erzeugung der tiefen Brusttöne erforderlich ist, so muss der Kehlkopf schon deshalb eine tiefere Stellung am Halse einnehmen, weil die Luftröhre hier verkürzt und zugleich erweitert werden muss, indem bei grösserer Länge derselben der von unten (von den Exspirationsmuskeln) der Luftsäule mitgetheilte und sich bis zur Glottis fortpflanzende Druck nicht einmal mehr mit dem zur Erzeugung der Vibrationen der Stimmbänder erforderlichen Druckgrade an letzteren ankommen, und weil bei engerem Kaliber der Luftröhre nicht mehr das erforderliche Luftquantum auf einmal durch die Glottis entweichen würde.

Aber die Stellung des Kehlkopfs steht noch in einer andern Beziehung zur ansprechenden Luftsäule. Wir haben die Beobachtung gemacht, dass man fast alle Töne, sowohl des Brust-, als auch des Fistelregisters, mit zweierlei Timbre erzeugen kann, welche wir nach Garcia's Vorgange das dunkle und das helle genannt haben. Als sichtbares Unterscheidungsmerkmal dieser beiden Timbres fanden wir den Unterschied des Stands des Kehlkopfs, welcher beim dunkeln Timbre im Allgemeinen tiefer, als beim hellen, steht, und für die Tonabstufungen sich zwischen weit engern Grenzen bewegt, als es für das helle Timbre geschieht. Auch kam es uns vor, als ob behufs der Erhöhung der Schwingungszahl der mit Timbre clair zu erzeugenden Töne der Kehlkopf mehr am Halse hervorzutreten pflege, als beim Timbre obscur; endlich fanden wir, dass bei letzterem eine grössere Quantität Luft verhältnissmässig in Klang gesetzt wird, als bei ersterem. Wir haben jetzt dem Grund dieser Erscheinungen nachzuforschen.

Die Erfahrung lehrt, dass man caeteris paribus eine grössere Anzahl Töne in einem Athem mit Timbre clair erzeugen kann, als mit Timbre obscur, aus welchem Grunde die Sänger auch für das sogenannte Parlando und ähnliche Vortragsweisen sich des Timbre clair zu bedienen pflegen. Es kommt dem Ohre des Zuhörers hier vor, als ob die Töne hier mehr auf der Oberfläche des Stimmorgans lägen, aus einer geringern Entfernung kämen, durch einen leichtern Mechanismus erzeugt würden u. s. w. Das Zeugniss des Ohres lässt sich aber nicht Lügen strafen. In der That kommen die Töne, die das Timbre clair an sich tragen, aus einer geringeren Entfernung an das Ohr des Zuhörers, weil der Kehlkopf des Sängers dabei höher steht, als für Töne mit Timbre obscur; sie sind beweglicher, d. h. die Organe, welche sie erzeugen, bewegen sich mit grösserer Leichtigkeit, die Bewegungen sind leichter ausführbar, damit sie unter einander in grösserer Schnel-

ligkeit abwechseln können, es dürfen also hier von den betheiligten Muskeln keine so grossen Massen bewältigt werden, als beim Timbre obscur, weil sonst die Organe mehr Zeit brauchen und schneller ermüden würden. Offenbar wird also beim Timbre clair für einen gewissen Ton weniger Luft in Klang gesetzt, als beim Timbre obscur. Ein dünnerer Anspruchsluftstrom kann aber auch nur eine dünnere Glottiszone in Bewegung setzen. Soll aber eine dünnere Glottiszone die der gewünschten Schwingungszahl entsprechende Spannung erhalten, so muss sie, unsern Versuchen (S. 683) zufolge, mehr in die Länge gezogen werden. Daher muss die Glottis beim Timbre clair behufs der Tonerhöhung verhältnissmässig länger sein, als beim Timbre obscur: aus diesem Grunde geschehen hier die Auf- und Niedergänge des Kehlkopfs behufs der Erhöhung und Erniedrigung des Tones in weit grössern Schritten, als es beim Timbre obscur zu beobachten ist. Die elastische Portion der Stimmbänder wird also für die Tonerhöhung verhältnissmässig mehr in die Länge gespannt, als die muskulöse sich zusammenzieht, die ganzen Stimmbänder sind also verhältnissmässig mehr in die Länge gezogen, also dünner, daher der Ton zarter, kleiner, beweglicher, die Vokalisirung (für a, e und i) reiner und deutlicher. Da aber das Maximum der Verlängbarkeit der Stimmbänder hier bereits auf einer tiefern Tonstufe erreicht wird, so kann auch das ganze Register auf diesem hellen Timbre nicht so weit nach oben getrieben werden, als auf dem dunkeln. Da die Stimmbänder mehr in die Länge, als in die Breite und Dicke gespannt sind, so lässt sich auch die Schwingungsamplitude nicht so weit treiben: die Töne vertragen keine so starke Schwellung. Der Winkel, unter welchem die untern oder innern Flächen der Stimmbänder während der Phonation einander zugeneigt sind, ist hier ein grösserer, ein Querschnitt der Bänder zeigt eine schärfere Zuspitzung nach innen, als beim Timbre obscur. Bei zu starkem Luftdruck schlagen daher die dünnern Stimmbänder, weil die seitliche Spannung des M. vocalis überwunden wird, leichter um, wodurch der Ton ins Falset umspringt.

Beim Timbre obscur wird mit einem grössern Luftreservoir operirt. Die Inspirationen sind tiefer, der Kehlkopf wird dadurch gleich von vorn herein auf eine tiefe Stellung gebracht, und in derselben so viel als möglich erhalten. Die Länge der Glottis ist daher im Allgemeinen eine geringere, als beim Timbre clair, dafür tritt die reaktive Kontraktion des M. vocalis mehr hervor, die seitliche Spannung der Bänder ist erhöht, letztere sind dicker und renitenter geworden, sie erfordern eine grössere Quantität von Luft zum Anspruch, setzen aber auch dem andringenden Luftstrom einen grössern, nachhaltigern Widerstand entgegen. Die Stimmbänder geben der ansprechenden Luftsäule weniger nach, gerathen dafür aber auch, einmal in Bewegung gesetzt, in verhältnissmässig schnellere Schwingungen, weil eine grössere Lufttension erfordert wird, sie überhaupt in Schwingungen zu bringen, als es beim Timbre clair der Fall war. Auf diese Art wird es möglich, nicht nur den Ton trotz der geringern Länge der Bänder auf mindestens dieselbe Schwingungszahl, das ganze Register auf mindestens dieselbe Tontage oder Stimmung zu bringen, wie beim Timbre clair, wo die Bänder caeteris paribus länger gespannt sind, sondern auch dem Tone den vollern, nachhaltigern Klang zu geben, welcher das Timbre obscur charakterisirt.

Bei einem hohen, kräftigen, das Timbre obscur an sich tragenden Tone finden wir fast jeden Muskel in und am Kehlkopf in bedeutender Spannung;

der Kehlkopf steht ziemlich tief am Halse durch die verschiedenen Muskelantagonismen festgestellt, so dass ihn auch der stärkste Druck der exspirativen Luftsäule nicht von der Stelle bringen kann: die seitlichen Druckmuskeln sind dabei natürlich auch in voller Thätigkeit. Da die Stimmbänder dabei schwerlich bis zu ihrem Maximum in die Länge gezogen sein können, weil sonst ein ganzes System von Muskeln (die Herabzieher des Kehlkopfs) ausser Thätigkeit hätte gesetzt werden müssen, so müssen wir annehmen, dass sie nur auf halber Längenspannung stehen, wobei das, was ihnen an den tonerhöhenden Eigenschaften abgeht, durch die reaktive und antagonische Kontraktion des M. thyreo-arytaenoideus (in- et externus) und des Cricothyreoideus, sowie der übrigen Hülfsmuskeln der Tonerhöhung supplirt wird. Es wird hierdurch, nur in weit vollkommnerer, zweckmässigerer Weise, dieselbe Wirkung erzielt, wie wir sie am todten Kehlkopf durch einen von oben oder von den Seiten her auf die Stimmbänder einwirkenden Druck zu erzeugen suchten. Die Stimmbänder werden dadurch dem andringenden Luftstrome mehr entgegengerückt, am Ausweichen und Aufblähen verhindert, und dadurch nicht nur ihre Schwingungszahl erhöht, sondern auch der Ton voller und kräftiger gemacht. Die Stimmbänder bilden hier eine dicke, feste Masse, ohne dass die keilförmige Gestalt des Querschnitts verloren geht: alle vier tonerhöhenden Momente (Längenspannung der Bänder, Kontraktion des M. vocalis, Seitendruck der Luftsäule, Gegendruck seiten der Glottiswände) operiren gleichmässig, so viel sie vermögen, zusammen, und so ist es nicht zu verwundern, dass mittels des Timbre obscur der Ton sogar höher getrieben werden kann, als mittels des Timbre clair, obgleich bei diesem die Längenspannung der Bänder grösser ist, als bei jenem. Sobald aber nur eines jener 4 Momente nachlässt, ist schon die Bedingung der Tonabnahme, sei es an Stärke oder an Höhe, gegeben Dann wird aber auch der ganze übrige Mechanismus sofort geändert. Denn wenn z. B. der Ton schwächer werden soll, ohne an Höhe zu verlieren, so nimmt der Druck der Luftsäule ab, eben so der reaktive Gegendruck der Glottiswände, der M. vocalis lässt in seiner Kontraktion (welche diesen Gegendruck grossentheils vermittelt) nach, dafür zieht sich der M. cricothyreoideus mehr zusammen (wobei die Herabzieher des Kehlkopfs verhältnissmässig an Spannung nachlassen müssen), die Stimmbänder werden so verhältnissmässig mehr in die Länge, als in die Breite gespannt, und die gewünschte Toneigenschaft ist fertig. Am merklichsten ist die Relaxation des M. vocalis und die dadurch und durch kongruente Mehrkontraktion des Musc. cricothyreoideus etc. bewirkte Verlängerung der Glottis, wenn decrescendo zugleich die verfügbare Exspirationsluft erschöpft ist: hier ist das Steigen des Kehlkopfs noch auffallender.

Der Winkel, unter welchem die beiden innern Stimmbandflächen zu einander stehen, ist hier im Allgemeinen ein spitzerer, als beim Timbre clair. Dadurch wird der Anspruch erleichtert, was auch wegen der grösseren Luftmasse, die hier zur Intonation erfordert wird, nöthig ist. — Die Töne mit Timbre obscur sind caeteris paribus grösser, voller, runder, nachhaltiger, ausdrucksvoller, als die mit Timbre clair, aber auch schwerfälliger, nicht so prompt ansprechend und nicht so leicht beweglich und traktabel. Von den Vokalen werden am liebsten o und u mittels dieses Timbre gebildet. S. hierüber die Physiologie der Sprachlaute.

Ueber die beiden Timbres beim Falset werden wir gleichfalls bald noch einige Mittheilungen machen.

Betrachten wir jetzt noch einmal die Kooperation des Anspruchsluftstroms und der beiden Stimmbandmuskeln vom schwachen Einsetzen des Tones bis zum möglichen Fortissimo desselben und dem darauf folgenden Abnehmen und Erlöschen des Tones. In dieser Hinsicht lässt sich der M. cricothyreo-arytaenoideus, natürlich in Verbindung mit dem M. ary-arytaenoideus, als ein System von Sphinkteren oder Ringmuskeln betrachten, welche ihre volle Thätigkeit erst dann entfalten, wenn der Raum, den sie umschliessen, gehörig von dem von ihnen zu promovirenden oder zu emittirenden Material ausgefüllt und ausgedehnt worden ist. Es dürfte zur genauern Einsicht in die hier stattfindenden Verhältnisse und Vorgänge nicht unangemessen sein, eine Vergleichung der menschlichen Glottis mit dem Orificium ani, der Phonation mit der tönenden Emission der Darmgase, anzustellen, zumal da letzterer Vorgang der direkten Untersuchung zugänglicher ist, und ja gewissermaassen auch in das Gebiet der Anthropophonik einschlägt. Während bei den Kautschukzungen das rein elastische Material in den Vordergrund trat, kommt hier vorzugsweise das muskuläre Element als das die Tonschwingungen vermittelnde Material zur vergleichenden Beobachtung.

Der Mastdarm (Intestinum rectum) mit seiner Oeffnung (Orificium ani) stellt ebenso gut ein Blasinstrument vor, als die Luftröhre mit der Glottis, nur dass die wesentlichen Glottisorgane nicht so elastisch und überhaupt nicht so tongerecht vorgerichtet sind, als am Stimmorgan. Nach Hyrtl ist im Indifferenzzustande nicht nur das Orificium ani, sondern auch der ganze Mastdarmkanal, so weit er gerade (Rectum) ist, geschlossen, aber so, dass ein Querdurchschnitt desselben nicht ritzenförmig, wie die geschlossene Kehlkopfglottis, sondern sternförmig aussieht; d. h. es bilden sich durch die nach Entleerung des Mastdarms eintretende Kontraktion der Kreismuskeln des Mastdarms mehrere Längen- und Schrägfalten der Mastdarmwand, die bei ihrer Zusammenlegung diesen Cylinder etwa eben so schliessen, wie den Hals eines Beutels das darum geschlungene, ihn zusammenschnürende Band. Ist nun die oberhalb dieser geraden Partie des Mastdarms gelegene Curvatura sigmoidea mit Gas bis zu einem gewissen Grade ausgedehnt, sind bereits auch die Kreisfasern des M. sphincter ani superior in gleichem Grade ausgedehnt und verlängert (oder der von ihm gebildete Ring erweitert), erwacht das Bedürfniss, sich jenes Inhalts zu entledigen, so wird die Masse des zu Entleerenden zunächst durch eine Zusammenziehung der oberhalb derselben liegenden Kreisfasern demarkirt, und zugleich ein Stück nach unten in die gerade Abtheilung des Mastdarms getrieben, dergestalt, dass nun das Gas dessen Wände auszudehnen und auszuweiten beginnt. Jene Kontraktion der Kreisfasern schreitet wurmförmig tiefer herab, so dass das eingeengte Gas endlich auch die untern Fasern des Spincter internus (die Plica annularis) dilatirt, und der bisher halsförmig (analog dem Collum uteri) zusammengezogene Sphincter externus nebst dem damit verbundenen Schleimhautwulste in zwei (oder drei) nebeneinander liegende, eine Ritze zwischen sich lassende Lippen oder Stimmbänder verdünnt und ausgedehnt wird. Ist nun diese Stimmritze zum Anspruch, d. h. zum Durchgange des Gases, vorbereitet, und sind die beiden Anusmembranen frei von katarrhaler Anschwellung; so öffnet sich bei fortgesetzter, nicht zu sehr *sforzando* gegebener Kontraktion der die jetzt unmittelbar hinter den Glottismembranen

(Stimmbändern) liegende und gegen sie drängende Gasmasse umschliessenden Kreisfasern, die bis jetzt noch durch einen zu denselben senkrechten Längenzug der Sphinkterfasern, welche jetzt die Rolle des M. vocalis spielen, geschlossen erhaltene Afterspalte, wenn auch noch nicht in ganzer Länge; und ein geringer Theil des Gases entweicht bei richtigen Tensionsverhältnissen mit einem Tone, der gewöhnlich sehr hoch liegt, und mit dem Fistelregister verglichen werden kann. Die Glottisränder stehen in diesem Falle noch auf zu hoher sphinkterischer Kontraktion, als dass sie, wenn die Kontraktion der ausgedehntern tiefern Sphinkterfasern mit gehöriger Zurückhaltung bewirkt wird, das Gas also mit geringerer Tension auf dieselben einwirkt, in ganzer Länge in Schwingungen versetzt werden könnten. Bei stärkerer, ausgiebigerer Kompression des angefüllten Mastdarms dagegen weichen die Glottisränder vollständig von einander, das Gas dringt mit kräftigerer Tension durch, und bringt die Stimmbänder in ausgiebigere Schwingungen, wobei der anfängliche Ton sich, oft mit einem Sprunge, vertieft, stärker und voller wird, und ein Timbre zeigt, das sich mit dem des Brustregisters vergleichen lässt. Ist das disponibele Gas fast ganz entleert, hat sich der Mastdarm mit seinem innern Sphinkter fast ganz zusammen gezogen, so faltet sich auch der Sphincter externus wieder, die bisherige Spalte verwandelt sich wieder in einen Stern, die Glottismembranen haben sich wieder in irreguläre, gegen einander gelegte Wände gefaltet, welche keine Elasticität mehr entwickeln können, der Rest von Gas wird durch dieselben mit geringer Vis a tergo durchgetrieben, wobei ein trockener, rasselnder, klangarmer Ton von grosser Tiefe gehört wird, welcher ganz unverkennbar dem Strohbassregister angehört. Mit dieser Tonqualität ist das Phänomen, das sehr oft in dieser Vollständigkeit beobachtet werden kann, beendigt, die Kreismuskeln sind auf ihren Indifferenzzustand, welcher koncentrische Kontraktion ist, zurückgekehrt, weil nichts mehr da ist, was sie ausdehnen und dadurch zu neuer Thätigkeit veranlassen könnte.

Es kommt nun natürlich oft vor, dass die anale Phonation nur unvollständig oder bruchstückartig zur Manifestation kommt. Bei sehr geringem Vorrath entweicht das Gas bald mit Strohbassmechanismus, wenn der auf dasselbe gegebene Druck zur Expansion der Spaltmündung nicht ausreicht, bald mit Fisteltimbre, wenn diese Expansion und Verdünnung letzterer schon vorher in genügender Weise geschehen war, und die Spannung der auszutreibenden Gassäule fortwährend auf einem geringen Grade gehalten wird; bald mit Brusttimbre, wenn beiderlei Spannung in rechtem Verhältniss stand. Gewöhnlich setzt ein solcher Afterton mit einem Fistelanlaut ein, worauf der volle Brustton sforzato folgt. Oder der Ton ist bei hinlänglich rascher Kondensation sofort Brustton und läuft dann in einen Fistelton aus. Gar kein Ton erfolgt beim Durchstreichen des Darmgases, wenn es gelingt, das Gas mit so geringem Druck aus einer dabei hinreichend grossen Oeffnung durchzulassen, dass weder das Gas selbst, noch die Glottisränder in stehende Schwingungen versetzt werden. Immer gehört eine gewisse principielle Laxität der Analwulstung dazu, um die Oeffnung mit dem zur Tonvermeidung nöthigen Tensionsmangel zu bewirken: leider verunglücken die Versuche, Tonbildung hier zu vermeiden, nur zu oft.

Wie bei der Entladung einer elektrischen Flasche, so kommt es auch bei der des Mastdarms oft vor, dass bald nach der Austreibung der Hauptmasse seines Inhalts eine geringere Nachlieferung folgt, wobei ein Ton gehört

wird, der in der Regel genau 1 Oktave tiefer liegt, als der erstere. Oder es wird das Gas absichtlich von vorn herein in mehrern Abtheilungen entleert, welche, wenn sie an Quantität einander ziemlich gleich sind, auch gewöhnlich von einem Tone von gleichbleibender Schwingungszahl begleitet werden; sind dagegen die einzelnen Abtheilungen an Quantität ungleich, so giebt wohl immer die voluminösere, wenigstens wenn sie der kleinern vorangeht, den höhern Ton. Man kann aber auch bei hinlänglichem Vorrath, die erste Portion geringer, als die zweite oder dritte, einrichten, und dennoch jene mit einem hohen Tone begleiten, wenn man die Emission derselben durch eine kräftige Vis a tergo beschleunigt.

Der ganze Umfang der auf dem Orificium ani möglichen Töne ist ungefähr eben so gross, wie der der Glottistöne, und beträgt nach meinen Beobachtungen etwa 3 Oktaven, wobei natürlich alle 3 Register zusammengerechnet sind. Die Dauer einer analen Phonation ist um so länger, je länger der eingesetzte Ton auf dem Fistelmechanismus erhalten wird, und kann dann bis auf 20 Sekunden bei hinreichendem Gasvorrath fortgesetzt werden, bei dessen Erschöpfung der Ton gewöhnlich mit dem Strohbassmechanismus erlischt. In der Regel ist die anale Phonation mehr oder weniger explosiv, d. h. der Ton wächst rasch bis zu einer gewissen Fülle an, von der er ebenso rasch wieder herabsinkt, wobei der Ton nur dann auf eine tiefere Stufe *con portamento* sinkt, wenn eine entsprechende Verzögerung der Bewegung stattfindet.

Wenn nun auch die meisten mechanischen Verhältnisse des analen Phonationsvorgangs von dem der Stimmgebung des Kehlkopfs bedeutende Abweichungen zeigen, die zu detailliren wir wohl nicht nöthig haben, so bieten sich bei näherer Vergleichung doch einige Punkte dar, die einer Berücksichtigung werth sind. Obgleich alle Funktionen der Organe der Stimme bis zu gewissen Grenzen der Willkühr unterworfen sind, die des analen Phonationsorgans fast gar nicht, so lassen sich doch einige Verhältnisse der letztern auch auf dem Stimmorgan nachbilden. Die meiste Aehnlichkeit mit der analen Phonation gewinnt der Stimmvorgang bei dem verhältnissmässig am meisten der Willkühr entzogenen Gähnen. Hier wird zu Ende der vorausgehenden, weniger tiefen, als langsamen, und vorzugsweise mit den obern Rippen und mit Hülfe mehrerer äusserer Hebemuskeln derselben und sogar bisweilen von den Oberarmen vollzogenen Inspiration die Stimmritze geschlossen, und bei beginnender Exspiration nicht sofort tongerecht, d. h. um einen bestimmten, gewollten Ton zu pronunciren, geöffnet, sondern in ihrer, zum Schluss der obern Zone erforderlichen, Längenspannung bis zu Ende der Gähnungsexspiration erhalten, und dabei fast durchaus der Tension der exspirativen Luftsäule überlassen, gleichviel, was dabei für Töne herauskommen wollen, die überhaupt beim ganzen Gähngeschäft Nebensache sind. Natürlich muss unter diesen Umständen die Exspiration sehr in die Länge gezogen werden, was auch der Hauptzweck des Gähnens zu sein scheint. Die Luft streicht also langsam, d. h. ohne sonderliche Spannung von Seiten der Exspirationsmuskeln, durch die Glottis, deren Ränder, eben weil sie geschlossen ist, verhältnissmässig stärker gespannt sind, als jene. Der Ton, der sich hier bildet, muss also ein fistelartiger sein. Aber der Glottisschluss ändert sich mittlerweile in seinem Mechanismus. So lange noch ein hinlänglicher Vorrath von Luft von unten her drückt, vermag dieselbe die untere und mittlere Zone der Glottis dilatirt zu erhalten, so dass

die obere Zone allein sich bei der Tongebung etwas zu öffnen braucht. Der Spannung der Luftsäule setzt sich die Spannung des M. thyreo-arytaenoideus entgegen, die jedoch keine grosse ist, weil die Glottis gleichzeitig durch den Musc. cricothyreoideus etwas über ihre Null-Länge verlängert worden ist. Die Spannung der Luftsäule lässt nun aber, nachdem eine hinreichende Menge Luft exspirirt ist, nach, die Oeffnung der Glottis darf aber nicht grösser werden, weil sonst zu viel Luft mit einem Male entweichen würde, was ja dem Zwecke des Gähnens zuwider läuft; sie würde aber kleiner werden und bis auf Null kommen, d. h. Erstickungsgefahr eintreten, wenn die Spannung der Glottiszone die vorige bliebe. Es muss also dieselbe nachlassen, damit die bisherige Luftquantität mit ihrer jetzigen Tension heraustreten kann. Aber der Spannungsgrad, der bisher die zweite und dritte Zone der Stimmbänder distendirt erhielt, ist auch nicht mehr vorhanden, es müssen sich also diese Zonen, die der einen Seite der der andern, nähern und auf diese Weise den Glottisschluss vervollständigen. Die Luft streicht nun mit ihrer vorigen Treibkraft, aber mit weniger Masse, auf einmal durch eine nicht mehr ritzen-, sondern spaltförmige Glottis, die von 2 Wänden begrenzt wird, welche so weit erschlafft sind, dass sie von der vorhandenen Tension der Luft nicht mehr in Transversalschwingungen, nur noch in aufschlagende versetzt werden können. Das jetzt eintretende Tonphänomen gehört daher dem Strohbassregister an.

Sobald und solange also durch die gähnende Glottis ein dünner Luftstrahl von fortwährend gleichem Durchmesser ohne alle Schwellung durchstreicht, richten sich die Spannungs- und Dimensionsverhältnisse derselben nach dem Druck der Masse der exspirativen Luftsäule, und es sind hierbei nur Falset- und Strohbasstöne möglich, weil zu Brusttönen die Spannung der Luftsäule der der Stimmbänder nicht entspricht. Die Tonstufe hängt hier von der Masse oder vom absoluten Druck der Luft, nicht von der Spannung oder dem specifischen Druck derselben ab. Nach reichlich halber Konsumtion der Luftmasse springt der allmälig vertiefte Falsetton um 1 Oktave in das Strohbassregister um, weil die nach Verengerung strebende Glottis zu diesem Behufe nun auch von der 2. Zone der Stimmbänder gebildet wird, dieser Strohbasston wird nun bei weiterer Reduktion des Luftvoraths gleichfalls vertieft, bis die Bedingungen zur Phonation überhaupt erschöpft sind. Bei bevorstehendem Uebergang des Falsets in das tiefe Register werden die letzten (tiefsten) Töne des erstern mit 1 Oktave tiefer liegenden Interferenzen begleitet, die sich sofort zum alleinigen Tone erheben. Daher jener Sprung, der also ein nicht unvermittelter ist.

Zusammengesetzter und gemischter werden diese Verhältnisse, wenn die Stimme der Willkühr unterworfen und zum eigentlichen Zweck der Exspiration gemacht wird. Soll ein gewisser, beabsichtigter Ton (Brustton) eine ganze Exspirationszeit hindurch piano gehalten werden, so werden zuerst die Stimmbänder so weit gespannt und gegen einander gestellt, dass die Luftsäule bei einem gewissen Grad ihrer Tension in die beabsichtigte Zahl von Schwingungen in der Glottis versetzt werden kann. Um diese Zahl aufrecht zu erhalten, ohne dass dabei der Ton schwächer oder stärker werde, muss, wie schon erwähnt, die passive (durch Kontraktion der Exspirationsmuskeln bewirkte) Tension der Luftsäule auf einem gleichen Grade erhalten werden; oder, wofern dies (zu Ende der Exspiration) nicht mehr möglich ist, muss die Spannung der Stimmbänder nach beiden Richtungen vermehrt

und die phonische Glottisweite dadurch vermindert werden, weil sonst die Bänder durch die geringer drückende Luftsäule nicht mehr in gewünschter Weise in Schwingungen versetzt werden und der Ton in das Fistelregister umspringen würde. Von der dabei statttfindenden Bewegung des Kehlkopfs nach oben ist früher die Rede gewesen.

Soll nun derselbe Ton geschwellt, soll eine Messa di voce hergestellt werden, so sehen wir den Kehlkopf in dem der Verstärkung angemessenen Grade nach unten gezogen werden, und wir finden, dass eine grössere Masse von Luft in einer gewissen Zeit durch die Glottis entweicht. Während beim Piano der Luftstrahl (oder, was dasselbe ist, die phonische Glottisweite) von gleicher Dicke (Breite) blieb, erleidet er auf dieser Schwellung des Tones eine Verdickung, Ausweitung, die wir uns etwa wie in Fig. 170 vorstellen können: und welche auch durch das dafür übliche musikale Zeichen < > nicht unpassend graphisch dargestellt wird. Dabei wird die zur Tonbildung zu verarbeitende Luftmasse, weil sie allmälig grösser wird, stärker durch die Exspirationsmuskeln zusammengedrückt, damit sie in ihrer Bewegung nicht langsamer wird, während wir keine Erscheinungen vorfinden, die für eine wesentliche Verlängerung oder Verkürzung der Glottis sprächen: der Kehlkopf tritt nur etwas mehr am Halse hervor, weil die phonische Weite der Glottis, also auch das Volumen des ganzen Kehlkopfs zugenommen hat. Herabgezogen wird bei diesem Schwellen des Tones der Kehlkopf aus denselben Gründen, wie bei der Tonvertiefung unter Null, d. h. weil die phonische Weite der Glottis grösser wird, weil mehr Luft auf einmal durch letztere streicht, und weil zu diesem Behuf die Luftröhre, die hier als Windkessel fungirt, weiter, also auch kürzer werden muss. Dabei wird dem Kehlkopf sein Geschäft, ausgiebigere Exkursionen zu bewirken, erleichtert, weil die Reibung der Luftsäule und dadurch der Anspruch der Bänder durch diese Gegenbewegung erhöht wird; ausserdem wird durch die Verkürzung des Windrohrs vielleicht auch beigetragen, dass die sonst eintretende Tonerhöhung verhütet werde. Die Hauptsache ist aber die der Vermehrung der Tension der Luftsäule kongruente Zunahme der Kontraktion des M. thyreoarytaen. bei nachlassender Spannung des Cricothyreoid., wodurch die Stimmbandkörper verdickt und überhaupt die Glottiswände verstärkt werden.

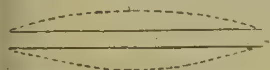


Fig. 170.

Durch angemessene Verdickung werden die Stimmbänder ihren anfänglichen Ton behalten, auch wenn die Luftsäule dichter und beschleunigter geworden ist. Auch am Mastdarm wird durch stärkere Kontraktion des Sphinkters das Gas kräftiger, in grösserer Masse auf einmal durch die vorhandene, dabei etwas einwärts gezogene Stimmritze getrieben, und der Ton dadurch geschwellt. Aber er wird dadurch auch in einen vollen Zungenton verwandelt. Dasselbe geschieht im Kehlkopf. Man pflegt bei der Messa di voce sehr oft den gewollten Ton mit Fistelmechanismus einzusetzen, crescendo in den des Brustregisters überzuführen, und aus diesem in den vorigen zurückkehren zu lassen. Dabei wird sukcessiv vom Glottisrande aus nach auswärts und abwärts eine Faser des M. thyreo-aryt. nach der andern in Spannung versetzt, je mehr der Luftstrom an Masse und Spannung anwächst, und je gleichmässiger dies geschieht, desto schöner und gleichmässiger wächst der Ton an. Wir haben gesehen, dass dieser Mechanismus zur Tonverstärkung bei Festhaltung der Schwingungszahl in der Regel hinreicht,

und dass es dazu keiner Relaxation des M. cricothyreoid. bedarf, wie bei den Müller'schen Versuchen am todten Kehlkopf.

Das zweite Hauptmoment der Schwellung des Tones geht im obern Kehlkopfraume vor sich. Die aus der Glottis in grösserer Fülle strömende Tonmasse erweitert jedenfalls diesen Raum ebenso, wie die Glottis selbst, und demzufolge werden auch die denselben umschliessenden Muskelfasern in ein ähnliches Verhältniss zur Luftsäule treten, wie vorhin. Zuerst gedenken wir hier der den Ventrikel umziehenden Fasern. Bei jedem Phonationsphänomen werden die tönenden Luftwellenzüge in die Ventrikel umgebeugt, also bei starken Tönen eine grössere Anzahl derselben, als bei schwachen, es werden die Ventrikel bei starken Tönen stärker von Luft ausgedehnt, als bei schwachen. Durch diese Ausdehnung werden aber die Fasern des Stratum externum des Stimmmuskelapparats auf einen gewissen Grade ihrer Kurvatur erhalten, indem der auf die Wände der Ventrikel ausgeübte Luftdruck jene Muskelfasern seitlich und abwärts drängt. Dadurch wird bewirkt, dass die Kontraktion dieser Fasern und ihr Streben, dabei gerade zu werden und so die geraden Fasern des Stratum internum einwärts zu drücken, mit einem gewissen Nachdruck vor sich geht, der natürlich zur Stärke des Tones proportional ausfallen muss. Ausserdem wirkt jenes Abwärtsdrängen, insofern es die Aufblähung des Stimmbands beschränkt und zu dessen Tension beiträgt, tonerhöhend. In ähnlicher Weise verhalten sich die höher liegenden Nebenbündel desselben Muskelapparats, zunächst diejenigen, welche die Membrana quadrangularis zu verkürzen, anzuspannen, und so die ganze obere Kehlkopfsapertur zu verengen streben. Die eingeströmte Luftmasse wird dadurch komprimirt, und der Ton auf diese Weise intensiver.

Wir erwähnten, dass, um den zu verstärkenden Ton auf seiner Schwingungszahl zu erhalten, der M. cricothyreoideus mit seiner dem Thyreo-arytaen. entgegen arbeitenden und dadurch unter andern Verhältnissen die beabsichtigte Spannung bei gleichbleibender Länge der Glottis erhaltenden Kontraktion nicht nachzulassen braucht, und dass durch die verstärkte Luftgebung eine Erhöhung des Tones nicht zu befürchten ist, wofern eine grössere Anzahl von Fasern des M. vocalis in Schwingungen versetzt werden, das Stimmband also an Breite zunimmt. Die Kontraktionsverhältnisse des M. arytaenoideus richten sich nach dem erforderlichen Grade des Gegendrucks, der dem Seitendruck der Luftsäule von Seiten der Glottiswände zu opponiren ist: sie reguliren demnach auch die phonische Weite der Glottis. An und für sich vermag jedoch dieser Muskel die Stimmfortsätze noch nicht vollkommen gegen einander zu bewegen: dies Geschäft ist dem Cricothyreoideus lateralis aufbewahrt, der aber weit leichteres Spiel hat, wenn der Quermuskel der Giesskanne bereits kontrahirt ist. Es sind diese beiden (oder vielmehr drei) Muskeln diejenigen, welche mit der Längendimension der Glottis so gut wie nichts zu thun haben, dafür aber für die Verhältnisse der Weite derselben von grosser Bedeutung sind. Sie verhalten sich beinahe, wie eine Schraube oder ein Wirbel, der die Weite einer Spalte reguliren soll. Jeder auf die Glottisbänder einwirkende Seitendruck strebt, dieselben, mithin auch die Stimmfortsätze, von einander zu entfernen. Jedenfalls ist der Schluss letzterer ein weniger fester, wenn einer vorhandenen Verstärkung der Lufttension keine Gegenkraft entgegengesetzt wird, welche die anfängliche Festigkeit jenes Schlusses zu erhalten strebt. Wir dürfen nicht annehmen, dass während des

Lebens die Kontraktion des M. ary-arytaen. und der beiden Crico-arytaen. laterales eine permanent gleichstarke ist, etwa wie sie J. Müller bei seinen Präparaten nachgeahmt hat. Offenbar wechselt der Grad dieser Kontraktion je nach dem Tensionsgrade der ansprechenden Luftsäule und je nach dem beabsichtigten Grade der phonischen Weite der Glottis. Nur müssen wir hier zweierlei unterscheiden, nämlich: ob die Kraft, mit welcher sich die genannten drei Muskeln zusammenziehen, genau dem auf die Glottiswände und Stimmfortsätze einwirkenden Seitendrucke der Luftsäule proportional ist, dergestalt, dass das Maass, bis zu welchem die Stimmfortsätze beim Toneinsatz gegen einander bewegt oder gedrängt sind, während der phonischen Exspiration, mag der Seitendruck gleichbleiben oder nicht, unverändert erhalten wird; oder ob jene Kraft nach Umständen das Maass des Seitendrucks der Luftsäule über- oder unterschreitet. In ersterem Falle bleibt die phonische Glottisweite sowohl als auch die Tonhöhe unverändert, wenn auch die Schwingungsamplitude bei wachsender Lufttension zunimmt. Im zweiten Falle wird die phonische Glottisweite bei Ueberwucht der Luftspannung vermehrt, bei überwiegender Muskelverkürzung vermindert. Schon bei unsern Versuchen am todten Kehlkopfe haben wir (J. Müller hat keine dergleichen angestellt) gefunden, dass stärkere Zusammendrückung der Spitzen der Stimmfortsätze den Ton caeteris paribus erhöht, stärkere Laxirung dagegen vertieft, wenn auch nicht so viel, als ihn die Zusammendrückung und Entfernung der Stimmbänder gegen und von einander zu erhöhen und zu vertiefen vermag. Jene Erhöhung muss aber offenbar zunehmen, wenn bei verstärkter Zusammenpressung der Stimmfortsätze die Spannung der Luftsäule zunimmt, und die der Stimmbänder wenigstens nicht abnimmt. Wird aber die Spannung der Stimmbänder, so weit sie durch Kooperation der Mm. thyreo-arytaen. und cricothyreoidei möglich ist, gleichzeitig mit einer hohen Spannung der Luftsäule und mit kräftiger Kontraktion der Schliessmuskeln der Glottis posterior verbunden, so werden die höchsten und stärksten Brusttöne zum Vorschein kommen, die überhaupt unter den gegebenen anatomischen Verhältnissen möglich sind. Dass die Länge der Glottis hier nicht in geradem Verhältniss zur Tension der Luftsäule stehen darf, haben wir schon früher nachgewiesen. Denn sobald die Länge der Glottis ihre mittlere Stufe überschreitet, sobald also die Wirkung des M. cricothyreoid. einseitig hervortritt, müssen die Glottiswände, so weit sie muskulös sind, in entsprechendem Grade an seitlicher Spannung verlieren; und es muss dann der Luftstrom mit geringerer Tension durchgeführt werden, wenn der beabsichtigte hohe Ton zum Vorschein kommen soll, der dann mehr oder weniger piano ausfällt und bereits das Fisteltimbre an sich trägt.

Man kann nun aber auch nach Belieben die einzelnen Elemente des Mechanismus des Gähnens zu bestimmten phonatorischen Zwecken verwenden, und denselben sogar eine noch grössere Ausdehnung geben, als bei dem unwillkührlich, ohne sonderliche Benutzung der disponibeln Kräfte vor sich gehenden Gähnen stattfand. Namentlich kann man das, was beim Gähnen (beziehendlich auch bei der Analphonation) von Anfang an bis zu einem gewissen, dem Medium nahe liegenden Stadium vor sich geht, in umgekehrter Ordnung bewirken und bis zu einem Extrem treiben, das über jenen Toneinsatz des Gähnens u. s. w. hinausliegt.

Wir beobachten bei der Analphonation, dass der Ton dann eine sehr

hohe Schwingungszahl zeigt, wenn die Spannung des zu emittirenden Gases und der Widerstand, den der Sphinkter der ihn bereits bis zu einem gewissen Grad ausgedehnt, aber noch nicht geöffnet habenden Druckkraft des Gases entgegensetzt, gleichzeitig einen hohen Grad erreicht haben, wobei jedoch letztere Kraft immer noch um ein Geringes durch letztere überboten wird. Die anale Glottis wird hierbei nur sehr wenig geöffnet, und also auch nur eine sehr geringe Gasquantität auf einmal, aber natürlich mit grosser Geschwindigkeit, ausgetrieben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit dem Kehlkopf, wenn er hohe Fisteltöne zu erzeugen bemüht ist. Die Tonabstufung des Falsets geschieht wesentlich durch zweierlei Kräfte: durch Modificirung der Längendimension der Stimmbänder mittels Kontraktion des M. cricothyr. und seiner längern Gehülfen einerseits, und durch Modificirung des Gegendrucks der beiden Glottiszonen auf einander mittels der den Kehlkopfraum von den Seiten aus verengenden Muskeln andererseits, ohne dass dabei der M. vocalis irgend wie zur aktiven Spannung, welche der des Luftstroms die Wage hielte, gelangte. Er, so wie die übrigen Strata des M. thyreo-aryt., wirken hier nur wie elastische Polster mit zur Glottis senkrecht stehender Elasticitätsaxe, die von andern Kräften gegen die elastische Glottismembran zusammen und einander entgegen gedrückt werden, wobei die Verschmälerung der Membrana vocalis und die Einengung der auf derselben liegenden Muskelschichten auch das Ihrige beiträgt; dagegen setzt er der die Glottis verlängernden Kontraktion des M. cricothyr. etc. kein Hinderniss entgegen. Sobald einem hohen Fistelton ein tieferer folgen soll, sobald also die Stimmbänder etwas von ihrer Längenspannung verlieren sollen, da ist er es nicht, welcher sich so viel, und zwar aktiv und sich selbst bestimmend, zusammenzieht, als der M. cricothyr. nachlassen soll, sondern dies Geschäft übernehmen die Muskeln der schiefen Linie, welche die Glottis verkürzen. Der M. vocalis zieht sich natürlich auch zusammen, aber er hat dabei keine andere Last zu bewältigen, als die Luft; seine beiden Insertionspunkte werden ihm genähert, er selbst hat dabei Nichts zu thun. Der Kehlkopf steigt daher am Halse, sobald man auf der Scala der Fisteltöne aufsteigt, und er fällt bei absteigender Scala. Bei Timbre clair tragen diese Bewegungen mehr aus, als bei Timbre obscur, wo der Kehlkopf, ebenso wie beim Brustregister, sich im Allgemeinen auf einer tiefern Zone des Halses verhält. Hinsichtlich der Erzeugung der höhern Töne zeigt sich aber ein Unterschied zwischen beiden Registern. Während das Brustregister mittels Timbre obscur höher getrieben werden kann, als mittels Timbre clair, kann das Fistelregister mittels des Timbre obscur nur etwa eine Quinte über den höchsten Brustton getrieben werden, mittels Timbre clair dagegen bedeutend höher. Vergleichen wir die dabei sinnlich wahrnehmbaren Phänomene und Mechanismen genauer mit einander, so werden wir zu der Ansicht getrieben, dass während auf der ganzen mit Timbre obscur erzeugbaren Tonreihe die vibrirende Glottis in ganzer Länge, d. h. von der Vereinigung der beiden Stimmfortsätze an bis zur Fovea centralis geöffnet ist und in ganzer Länge schwingt, dasselbe beim Timbre clair nicht stattfindet, sondern dass hier etwa nach Erreichung des verhältnissmässig besten oder klangvollsten mit diesem Timbre zu erhaltenden Tones die Glottiswände in Folge des Seitendrucks, den sie von aussenher erleiden, sich vorn und hinten gegen einander legen, und zwar dermaassen, dass die Glottis auch beim Schwingen an diesen Theilen geschlossen bleibt, und also nur

mit einer aliquoten Länge schwingt, die um so mehr abnimmt, je höher der Ton steigen soll, bis sich die phonische Glottis nur noch auf eine sehr kleine mittlere Abtheilung beschränkt. Mittels dieser Glottisverkürzung lassen sich die Falsettöne noch etwa um 4 Stufen höher treiben, als es mittels des Obscur-Mechanismus möglich ist. Wir wissen aber auch, dass diese hohen Falsettöne, die Garcia die Kopftöne nennt, ein von den andern abweichendes Timbre besitzen und mit Veränderungen des Ansatzrohrs verbunden sind, welche den im Innern des Kehlkopfs vor sich gehenden entsprechen.

So sind wir auf dem obern Extrem des dem menschlichen Stimmorgan möglichen Tonbereichs angelangt, und wir werden auch hier den alten Satz bestätigt finden, dass die Extreme sich berühren. Denn wir haben ja gesehen, dass die allertiefsten (Strohbass-) Töne, die der Kehlkopf zu erzeugen fähig ist, durch eine ähnliche Aliquottheilung der Stimmbänder hervorgebracht werden, nur mit dem bedeutenden Unterschiede, dass bei den höchsten Falsettönen die Stimmbänder bis auf ihr Maximum in die Länge gespannt, bei den tiefsten Strohbasstönen dagegen bis auf ihr Minimum verkürzt und erschlafft sind. Beim hohen Falset oder beim Kopfregister macht sich also das akustische Gesetz geltend, dass eine von elastischen Bändern gebildete Glottis caeteris paribus um so höhere Töne giebt, je kürzer ihre Bänder gemacht werden: beim Strohbass dagegen gilt der Satz, dass eine Glottis, deren Bänder ihre Elasticität bis auf ein gewisses Minimum verloren haben, bei sukcessiver Kompression ihrer Wandungen durch einen durchgetriebenen Luftstrom nur noch in aufschlagende Schwingungen versetzt werden kann, deren Zahl mit Zunahme der Kompression ebenso abnimmt, wie die Länge, bis zu welcher die Glottiswände sich dabei öffnen.

Der Hauptunterschied der Brust- und Falsettöne hinsichtlich ihrer Lautbarkeit beruht darauf, dass erstere stärker geschwellt werden können, und dadurch mehr an Kraft, Intensität, Metall u. s. w. gewinnen, als die Fisteltöne. Bei den Brusttönen ist, wie wir gelehrt haben, der M. vocalis aktiv oder reaktiv gespannt, beim Falset nicht, das heisst: beim Brustregister zieht dieser Muskel fortwährend mit einer Kraft, die der, mit welcher der M. cricothyreoideus zieht, mehr oder weniger annähernd das Gleichgewicht hält; beim Falset fällt dieser Zug seiten des M. vocalis weg. Aber trotzdem ist derselbe beim Falset nicht unthätig. Er wirkt hier, wenn ein Falsetton geschwellt werden soll, als Sphinkter. Die wesentliche Aktion der sphinkterischen Muskeln besteht, wie wir bei der Betrachtung der Labial- und Analphonation gesehen haben, darin, dass sie ohne einen Antagonismus im bisher gewöhnlichen Sinne sich zusammenziehen, aus einem weitern Ring oder Spalt in einen engern überzugehen streben. Das, was sie bei ihrer Thätigkeitsäusserung zu bewältigen haben, ist der sie excentrisch ausdehnende Seitendruck des flüssigen oder (mehr oder weniger) festen Inhalts des Rohrs, das ihre Kreisfasern umgeben, und welche letztere durch ihre koncentrisch wirkende Verkürzung verdrängen sollen. Der M. vocalis in Verbindung mit den übrigen auf Verengung der Glottis wirkenden Muskeln vermag nun, wie schon Liskovius ausgesprochen hat, neben seiner in der Längenrichtung wirkenden Kontraktilität, auch noch, in Verbindung natürlich mit seinem Socius auf der andern Seite, eine ähnliche sphinkterische Wirkung auch dann noch auf die durch die Glottis getriebene Luftsäule auszuüben, wenn er seine longitudinale Kontraktilität nicht geltend machen

kann oder soll. Bei den Brusttönen opponirt er dem ihn der Länge nach auszuziehen strebenden Antagonisten und der Luftsäule der Glottis gleichzeitig, bei den Falsettönen, namentlich wenn sie geschwellt werden sollen, ist seine Kontraktilität nur in transversaler Richtung wirksam: er kontrahirt sich nur, nachdem seine Fasern vom Seitendruck der Luftsäule nach auswärts mehr oder weniger gekrümmt und dadurch verlängert worden sind, und er widersetzt sich dieser Verlängerung nach Maassgabe seiner kontraktilen Elasticität, indem er wieder gerade zu werden strebt, wobei er aber auch seine vitale Kontraktilität geltend macht, sobald die ihm vom Luftdruck ertheilte Aus- und Aufwärtskrümmung einen dem beabsichtigten Tonphänomen zuwider laufenden Grad anzunehmen strebt *).

Diese sphinkterische Kontraktion des M. vocalis und seiner seitlichen Gehülfen ist nun aber, wo sie allein vorhanden ist, in ihren Aeusserungen und Wirkungen eine von der durch longitudinalen Gegenzug provocirten und verstärkten sehr verschiedene, denn der Seitendruck, den die Luftsäule ausübt, ist in Vergleich mit dem Zuge des M. cricothyreoideus eine nur unbedeutende Kraft, zumal, da sie sich auf die ganze Breite des Muskels vertheilt; daher darf der Muskel gar nicht so viel Spannkraft entwickeln, als er thun würde, wenn der Antagonismus ein stärkerer wäre; er bleibt daher trotz dieser Arbeit viel weicher oder nachgiebiger, als er im andern Falle thut. Hierzu kommt, dass während beim Brustregister (besonders beim Crescendo und Forte) beide Energien des Muskels vereinigt sind, beim Falset nur die eine schwächere stattfindet: daher erklärt sich das weichere Timbre des Falsets und der geringere Grad der Schwellbarkeit der Töne dieses Registers. Wir begreifen jetzt auch, weshalb (S. 629) bei den Falsettönen, namentlich den höhern, am Stimmorgan alles wie gedrückt, gepresst, eingekrochen erscheint, das Ansatzrohr verengt und doch nicht gespannt ist, bei den hohen Brusttönen dagegen alles gespannt, distendirt, turgescirend, und das Ansatzrohr weit, aber gespannt und lufterfüllt sich darstellt.

Die sphinkterische Kontraktion des M. vocalis ist ausserdem die Ursache, weshalb ein geschwellter Fistelton seine Schwingungszahl behält. Denn ohne diese Kraft würde der Ton hier mehr oder weniger sinken, seine Schwingungszahl würde niedriger werden, nicht höher, wie J. Müller, der hier nur das 2. Falsetregister des ausgeschnittenen Kehlkopfs vor Augen gehabt zu haben scheint, angiebt.

Endlich sehen wir jetzt auch ein, warum die schwellbarsten Töne beider Register nicht die höchsten derselben sein können, weil zu jeder sphinkterischen Hohlkrümmung ein gewisser Grad von Nachgiebigkeit gegen den Seitendruck der Luftsäule erfordert wird, der bei der höchsten Längen- oder Längenseiten-Spannung der Stimmbänder nur noch ein geringer ist, oder

---

*) Die sphinkterische Kontraktilität eines Muskels steht zwischen der animalen in die Länge gerichteten Kontraktilität und der rein physikalen kontraktiven Elasticität in der Mitte. Ihre Aeusserung wird nur mittelbar vom Willen provocirt, unmittelbar allemal von dem die betreffenden Muskelfasern dilatirenden Material, welches die (unmittelbar von der Willenskraft abhängige) Vis a tergo zwischen diese Muskelfasern treibt, um hier durch die denselben eingepflanzte, durch Kontraktion sich äussernde Vis a latere weiter bewegt zu werden. Aber alle Modifikationen, Hemmungen, Beschleunigungen u. s. w. dieser Bewegung, wenn sie einmal eingeleitet worden, stehen unter dem Einfluss des Willens. Nur die vollkommenen Sphinkteren, d. h. diejenigen, welche völlig in sich selbst zurücklaufen, ohne auch nur Einen festen Insertionspunkt zu haben, sind dem Willenseinfluss entzogen.

eine Zunahme von Druckkraft seiten der Luftsäule erfordert, welcher die Bänder, ohne in ihren Texturverhältnissen alterirt zu werden, nicht Widerstand leisten würden.

Vergleichende Uebersicht der wesentlichen Unterschiede im Mechanismus beider Register.

1. Bei der Bruststimme ist das erste Schwingungsmoment eine Verdichtung und eine Exkursion, bei und durch welche aus dem Glottisschluss erst eine Stimmritze geschaffen wird (S. 692);

bei der Fistelstimme ist das erste Schwingungsmoment eine Verdünnung und eine Rekursion, bei und durch welche die offen stehende Glottis erst geschlossen wird (692. 699);

die Brusttöne werden also durch Verdichtungs-, die Falsettöne durch Verdünnungswellen der Bänder, so weit sie transversale sind, erzeugt.

2. Der Schwingungsvorgang bei der Bruststimme ist ein Bestreben, die durch Kontraktion des M. vocalis geschlossene Glottis zu öffnen: die Exkursionen sind dabei das Primäre und Wesentliche;

der Schwingungsvorgang bei der Fistelstimme ist ein Bestreben, die wegen Laxität des M. vocalis (anatomisch) offene Glottis zu schliessen: die Rekursionen sind das Primäre und Wesentliche (694 f.).

3. Zu diesem Behufe muss (bei den Fisteltönen) die Glottiszone durch den Anspruch der Luftsäule, deren Seitendruck auf die 2. Zone kräftiger wirken kann und dadurch die 1. Zone vor- und einwärts schiebt, verdünnt und verbreitert werden, damit sie sich der andern bis zur Berührung nähert (694. 699).

4. Während des letzten Schwingungsmoments eines Brusttons (Rekursion) ist die Glottis immer noch geschlossen, ihre Ränder berühren sich, bevor sie freiwillig auseinander weichen und die ausgeschweifte Form des Indifferenzzustandes wieder annehmen;

während des letzten Schwingungsmoments eines Fisteltons (Exkursion) ist die Glottis bereits wieder geöffnet, und die Glottisränder divergiren auch wenn die Stimmfortsätze noch einander berühren.

5. Ueberhaupt liegen die Glottisränder beim Einsatz eines Falsettons lockerer an einander, als beim Einsatz eines Brusttons (695).

6. Wegen dieses unvollkommenern Glottisschlusses lassen sich die Fisteltöne weit weniger schwellen, als die Brusttöne (731);

7. es geräth deshalb aber auch die Luftsäule des Windrohrs (Luftröhre) weniger, als die des Ansatzrohrs, in Mitschwingungen, während beim Brustregister, wo der Glottisschluss ein vollkommener ist, das Umgekehrte stattfindet. Daher auch der Name Brust- und Fistel- oder Halsstimme (S. 627).

8. Der tiefste, bei geringer Luftgebung sich bildende, sogenannte Fistelton (709) entspricht dem Piano-Vorton der Kautschukapparate mit Rohransätzen (S. 485), bei welchem die Luftsäule noch nicht mittönt. Die ganzen Fisteltöne sind gleichsam nur halbe Brusttöne (S. 627).

9. Aus gedachten Gründen ist auch die Anspruchsfähigkeit der Bänder beim Falset grösser, als beim Brustregister, weil bei ersterem weniger Luftmasse und Luftdruck genügt, um Schwingungen zu erzeugen, als bei letzterem (705).

10. Aber es wird auch weniger festes Material caeteris paribus beim Falset in primäre Schwingungen versetzt, als beim Brustregister, weil wegen

der Unthätigkeit des M. vocalis und wegen Mangels der seitlichen Elasticitätsaxe (696) die Leitungsfähigkeit der Bänder für die Tonschwingungen beim Falset geringer ist, als beim Brustregister, wo jener Muskel gespannt ist und zwei Elasticitätsaxen wirken (706).

11. Aus diesen Gründen muss endlich auch die Schwingungszahl der Falsettöne caeteris paribus weit höher ausfallen, als die der Brusttöne, weil der Querschnitt des schwingenden Körpers bei jenen ein weit kleinerer ist, als bei diesen (715 f.).

Einfluss des Ansatzrohrs.

Bis jetzt haben wir uns mit den tonabstufenden Mitteln beschäftigt, welche innerhalb des Bereichs des Glottisapparats liegen; jetzt wollen wir untersuchen, ob die in der Glottis mit einer gewissen Geschwindigkeit sukcedirenden stehenden Schwingungen durch gewisse mit dem Raume, den Wandungen und besondern Organen des Ansatzrohrs vor sich gehenden Veränderungen in ihrer Zahl abgeändert werden können. Wir haben ja früher gesehen, dass Ansatzrohre von verschiedener Länge einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Töne elastischer Mundstücke ausüben; wir müssen uns daher jedenfalls die Frage vorlegen, ob das Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans etwas Aehnliches zu bewirken im Stande ist.

Nach meiner Ansicht vermögen die Veränderungen des Kehlkopfstandes unbeschadet der übrigen Abänderungen im Mechanismus der Glottis schon dadurch den Ton seiner Schwingungszahl nach innerhalb gewisser Grenzen abzustufen, dass das Ansatzrohr des Stimmorgans dabei in seinen Dimensionen und Spannungsverhältnissen modificirt wird. Man wende mir nicht ein, dass eine möglicher Weise durch Verkürzung des Ansatzrohrs hervorgerufene Tonerhöhung durch die gleichzeitige Verlängerung des Windrohrs (der Luftröhre) aufgehoben werden, die Differenz also gleich Null werden, die Tonstufe demnach von der gegenseitigen Raumänderung des Wind- und Ansatzrohrs unabängig sein müsse. Die Verhältnisse, die hier stattfinden, sind ganz andere, als man sich bei einfachem Vergleiche des menschlichen Organs mit unsern künstlichen Apparaten vorstellen dürfte. Was das Windrohr durch Aufsteigen des Kehlkopfs an Länge gewinnt, das verliert es wieder theils durch die dabei stattfindende Verengung, zumeist aber dadurch, dass die Wandung desselben gleichzeitig dichter und gespannter wird, also die Bedingungen eines höhern Tones erfüllt. Jedenfalls findet in dieser Hinsicht eine vollkommene Kompensation statt, so dass wir die dimensionellen Veränderungen der Luftröhre hier sofort ausschliessen können, wenngleich wir den absoluten Rauminhalt der Luftröhre (als Windrohr betrachtet) als ein tonvertiefendes Element anerkennen müssen. Anders verhält es sich mit dem Ansatzrohre. Wenn wir uns an den in Vergleich der Luftröhre so ausserordentlich komplicirten Bau und an die zahlreichen Dimensionsveränderungen erinnern (vergl. S. 225), deren dieser Kanal fähig ist, wenn wir ferner die vielfachen Veränderungen erwägen, welche das Ansatzrohr shon bei einer geringen Veränderung der Schwingungszahl, z. B. bei einem Triller, erleidet, so dürfte die Vermuthung nicht fern liegen, dass das Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans ausser seinen andern Funktionen auch die habe, durch seine Dimensions- und Spannungsänderungen den Ton nicht nur seinem Klange und seiner Fülle, sondern auch seiner Schwingungszahl nach in ähnlicher Weise abzuändern, wie die Rohransätze unse-

rer rohen, mit Händen gemachten Apparate. Dass die Dimensionsänderungen der Glottis nicht die einzige Ursache der Kehlkopfbewegungen abgeben können, geht schon daraus hervor, dass während die Kapacität des Windrohrs im Ganzen durch seine Verlängerung und Verkürzung nicht verändert wird, das Ansatzrohr sich einer solchen Kompensation nicht erfreut, sondern bei jedem Heben des Kehlkopfs nicht nur ganz unverhältnissmässig verkürzt, sondern auch gleichzeitig verengt und angespannt wird, während es beim Herabsteigen des Kehlkopfs in entsprechendem Maasse verlängert, erweitert und erschlafft wird, wofern nicht durch Antagonismus eine Spannung hervorgerufen wird.

Ferner müssten, wenn ein bestimmtes Wechsel- oder Ausgleichungsverhältniss zwischen den räumlichen und den Spannungsverhältnissen des Windrohrs und Ansatzrohrs bestände, dergestalt, dass der Einfluss des einen durch den des andern wieder aufgehoben würde, die Wände des Ansatzrohrs, während die des Windrohrs länger und gespannter werden, kürzer und schlaffer werden und umgekehrt. Dies ist aber nicht der Fall, sondern die Wände des Ansatzrohrs spannen und verdichten sich gleichzeitig mit den des Windrohrs, obwohl ersteres dabei kürzer, letzteres länger wird. Denn wir wissen, dass die Hebemuskeln des Kehlkopfs grossentheils in den Wänden des Fangrohrs liegen. Die ganze Hebung des Kehlkopfs ist also fast nur ein durch die Verkürzung des Ansatzrohrs erst bedingter, von ihr abhängiger Vorgang, und die Luftröhre wird eben so fast nur dadurch verlängert, dass sie vom Kehlkopf, so zu sagen, ins Schlepptau genommen wird. Demnach haben wir jedenfalls den Kehlkopfstand, in so weit er mit Veränderungen der Schwingungszahl der Glottistöne in entsprechendem Verhältniss steht, von den Spannungszuständen der Wände des Ansatzrohrs als wesentlich abhängig zu betrachten. Denn wenn der oberhalb des Kehlkopfs liegende Raum wirklich mit einem Ansatzrohr verglichen werden kann, so lässt sich nach den bisherigen Untersuchungen nicht in Abrede stellen, dass ein in diesen Raum geführter Kehlkopfton allein dadurch, dass dieses Ansatzrohr durch Spannung, Verkürzung und gegenseitige Annäherung seiner Wandungen in allen seinen Dimensionen verkleinert wird, eine Erhöhung erleiden muss, auch wenn die übrigen, die Tonstufe bestimmenden Verhältnisse ganz dieselben bleiben.

Nun darf man aber freilich an das menschliche Stimmorgan in dieser Beziehung nicht den Maassstab anlegen, den die von uns an den künstlichen Apparaten angestellten Versuche ergeben. Die Verhältnisse sind hier viel komplicirter. Ein eigentliches, sich direkt an das Mundstück, den Kehlkopf, anschliessendes, solides Ansatzrohr ist hier gar nicht vorhanden. Von dem, was wir im anatomischen Theile dieses Werks Ansatzrohr genannt haben, kann begreiflicher Weise nur die Pars isthmica, und zwar auch nur, so weit sie eine zusammenhängende Wandung darbietet, in Betracht kommen. Da die Epiglottis die untere Grenze dieses Raumes darstellt, müssen wir an dieses Organ, so wie an das anknüpfen, was wir bereits über dessen muthmaassliche Funktion gesagt haben. Die Epiglottis senkt sich also während der Tonerzeugung, und zwar um so tiefer, je mehr die Glottis verengt, je mehr dadurch der Luftstrom verdichtet, und je mehr dadurch der Ton erhöht ist. Dieser Bewegung des Kehldeckels muss sich das Ansatzrohr akkommodiren, wenn nicht jener Tensionsgrad der Luft wieder aufgehoben und der Ton dadurch hinsichtlich seiner Höhe und Intensität verändert wer-

den soll: deshalb muss der Kehlkopf im Ganzen aufwärts gezogen und dadurch das Ansatzrohr verkürzt und verengt werden, um diese einmal eingeleiteten aëro- und phonodynamischen Verhältnisse, bei welchen allein eine gleichbleibende Beschaffenheit des im Kehlkopf richtig gebildeten Tones möglich ist, gehörig zu unterhalten. Der Ton würde offenbar tiefer und matter, klangloser (vgl. voriges Kap.), hauchender ausfallen, wenn der Kehlkopf unter diesen Umständen (d. h. wenn nicht durch andere Hülfsmittel, von den wir bereits gesprochen haben, nachgeholfen würde) auf seiner tieferen Stellung beharrte, und die hohen und höchsten Töne, deren das Organ fähig ist, würden dann gar nicht zur Emission*) kommen. Das Ansatzrohr, innerhalb einer gewissen Verkürzung und Verengerung, übt hier in ähnlicher Weise einen, zwar nicht absolut erhöhenden, aber die durch eine gewisse Windrohrlänge erzeugte Vertiefung wieder aufhebenden und so die Tonhöhe regulirenden Einfluss aus, wie wir einen solchen bei unsern frühern Versuchen (s. S. 487) kennen gelernt haben. Würde der Kehlkopf z. B. bei dem Zustande seiner Glottis und des Windanspruchs, bei welchem er c^1 oder d^1 zu geben fähig ist, tief, etwa auf seinem statischen Nullpunkt stehen bleiben, so würde der Ton gewiss um ein Paar Stufen tiefer ausfallen, da bei einem gewissen Grad der Verlängerung des Ansatzrohrs der Ton ebenso tief klingt, als mit blossem Windrohr ohne Ansatzrohr. Die Theorie der Tonabstufung durch die räumlichen Veränderungen des Ansatzrohrs ist demnach folgende:

1. Durch das Vorhandensein der Luftröhre überhaupt fällt jeder durch legitime Schwingungen erzeugte Ton der Glottis tiefer aus, als wenn der Kehlkopf ohne Luftröhre intonirt würde.

2. Dieser Ton wird jedoch durch Verlängerung dieses Windrohrs nicht tiefer, weil dadurch der Rauminhalt nicht erheblich wächst und dabei die Wände desselben in gleichem Verhältniss gespannter werden.

3. Das gleichzeitige Vorhandensein des Ansatzrohrs an sich scheint den Ton bei möglichst grosser Verkürzung des Windrohrs nicht zu ändern, wenigstens nicht weiter zu vertiefen: es wäre für die Schwingungszahl der tiefsten Brusttöne also in dieser Hinsicht einerlei, ob überhaupt ein Ansatzrohr existirte oder nicht. Wohl aber vermag die unter diesen Umständen steigende Erschlaffung der Wände des Ansatzrohrs eine Tonvertiefung zu bewirken, oder einige sonst nicht mögliche tiefere Töne zu erzielen.

4. Dagegen wird durch das Aufsteigen des Kehlkopfs das Ansatzrohr verkürzt und verengt, und dadurch der Ton, unbeschadet natürlich der übrigen abstufenden Einflüsse, erhöht, insofern Verkürzung des Ansatzrohrs die durch das Windrohr gesetzte Tonvertiefung wi der nach den früher aufgestellten Gesetzen aufhebt.

5. Der Betrag dieser Tonerhöhung lässt sich nicht genau berechnen: muthmaasslich ist er auf 3 — 4 Stufen zu schätzen.

Aber es gehen noch andere Vortheile aus dem Vorhandensein des Ansatzrohrs hervor. Es wird dadurch, dass Verkürzung des Ansatzrohrs den Ton caeteris paribus erhöht, Verlängerung vertieft, den innern Kehlkopfmuskeln

---

*) Die englische Sprache hat ein noch besseres Wort dafür, nämlich *utterance*, das sich durch unser: Aeusserung, Ausgebung u. dergl. nur unvollkommen wiedergeben lässt.

ein Stück ihrer Arbeit behufs der Verminderung der phonischen Glottisweite abgenommen, und so ihr Wirkungskreis ergiebiger gemacht. Denn es reicht bei einer gewissen Disposition des Ansatzrohrs schon eine geringere Verengung der Glottis hin, um eine gewisse Tonhöhe, und ebenso mutatis mutandis eine geringere Erweiterung der Glottis zur Erzeugung einer gewissen, beziehendlich bedeutenden, Tonvertiefung zu erzielen. Nicht minder scheint durch diese Anordnung eine grössere Gleichmässigkeit der verschiedenen hohen Töne ihrem Volumen und ihrer Intensität nach erzielt zu werden. Offenbar würden ohne die in Rede stehende Modifikation der Räumlichkeiten des Ansatzrohrs die hohen Töne viel spitziger nnd dünner ausfallen, als die tiefen: wieder ein Mittel für die Gleichartigkeit der Töne.

Je mehr die Pars isthmica des Fangrohrs ihren erhöhenden Einfluss geltend machen soll, desto mehr wird der Raum zwischen Epiglottis und Hinterwand des Fangrohrs beschränkt, und desto mehr wird andererseits synergisch (vergl. S. 223) die Oeffnung, durch welche die P. isthmica mit mit der P. nasalis kommunicirt, der sogenannte hintere Isthmus, verengt oder vielmehr seiner Länge nach verkürzt, und dabei der Neigungswinkel der Pfeiler dieses Isthmus vergrössert, und zwar durch Kontraktion des sphinkterischen M. palatopharyngeus. Die räumliche Wirkung dieser Verengerung wird freilich durch die gleichzeitige kontraktive Verkürzung des Zäpfchens, dessen Muskel mit dem letztgenannten zusammenhängt, zum Theil wieder aufgehoben.

Das Zäpfchen ist schon von ältern Physiologen wegen seiner der Tonerhöhung fast genau entsprechenden Kontraktion *Plectrum vocis* genannt worden. Ueber seinen Einfluss auf die Stimme bin ich noch nicht recht im Klaren. Sobald die Stimme hoch, scharf, dünn wird, die Glottis also sich verengt und der Kehlkopf sich hebt, zieht sich das Zäpfchen in Verhältniss zusammen, bis es bei den höchsten Tönen fast ganz eingezogen ist. Es scheint, als ob es dem Strahle der hohen Töne aus dem Wege gehen wollte, während es bei mittlern und tiefern Tönen ruhig herabhängt. — Eine sonderliche Veränderung in der Weite des Isthmus kann ich bei der Tonabstufung nicht wahrnehmen. Fast scheint es, als ob das, was demselben durch Aufwärtszug seines untern Winkels verloren gegangen, durch Retraktion des Zäpfchens wieder gewonnen werden sollte.

e. Interferenzphaenomene. — Uebergänge und Ueberschlagen in ein anderes Register. — Kopfregister. — Kehlbass.

Interferenzen. — Diese begleiten, wie wir oben (S. 628) gesehen haben, in der Regel nur die mittlern, verhältnissmässig besten und schwellbarsten Fisteltöne und die tiefsten Basstöne, sobald dieselben stärker geschwellt werden sollen, als den Umständen, d. h. der Disposition und Fähigkeit des Organs nach, statthaft ist. Bei manchen Individuum ist aber die Stimme fortwährend durch Interferenzen verunreinigt, namentlich, wo die Pubertätsentwickelung des Kehlkopfs eine Störung erlitten hatte. Sie sind stets als Fehler der Stimme überhaupt und des Gesanges insbesondere zu betrachten. Das Fehlerhafte besteht hier, wenigstens was die am häufigsten in die obige Rubrik zu bringenden Tonabnormitäten anlangt, entweder darin, dass die die mittlere und untere Bänderzone überziehende Schleimhaut

zu schlaff ist und sich bei schon mässiger Tension der Luftsäule aufwärts schiebt, und beiderseits eine parallel mit dem Stimmbandrande laufende, über diesen etwas hervorspringende, beim Glottisschluss mit der andern Seite kollidirende Falte bildet, wodurch eine komplicirte Glottis entsteht, die aus Elementen von ungleichen Elasticitätsverhältnissen gebildet ist, und daher auch nur unreine Töne oder ein Gemisch von Tönen von ungleicher Schwingungszahl geben kann; oder dass die legitime Glottiszone, wenn sie bei leichter Ansprechbarkeit verhältnissmässig zu weite Exkursionen macht, recurrendo mit einer oder einigen Stellen ihres Randes gegen den der andern Seite stösst, was dann am leichtesten geschehen kann, wenn etwas zäher, durch die Reibung der Luftsäule nicht sofort wegführbarer Schleim sich zwischen die Glottisränder geschoben hat. Ist die Längenspannung der Bänder so hoch getrieben, dass die Tension der durchstreichenden Luft einen solchen Grad, bei welchem ein Forte möglich ist, erlangt hat, so fallen die Interferenztöne weg, sobald wenigstens der Schleim durch die Reibung der Luftsäule abgestossen worden ist. Durch die Längendehnung der Bänder wird hier natürlich auch die Schleimhaut so weit straff gezogen, dass eine Faltenbildung auf derselben nicht mehr möglich ist, und dabei werden auch die etwaigen Schleimpartikeln, welche interferirend einwirken könnten, rarefacirt oder zur schnellern Entfernung vorbereitet. Bei den tiefen Fisteltönen fehlen die Interferenzgeräusche in der Regel gleichfalls, weil hier die Stimmbänder soweit erschlafft sind, dass der Luftstrom bei seinem zur Tonerzeugung erforderlichen, obwohl verhältnissmässig schwachen Spannungsgrad dieselben weit genug aus einander treibt, dass es zu anschlagenden Rückschwingungen nicht leicht kommen kann. Uebrigens weicht der Mechanismus der gewöhnlichen Interferenzen des lebenden Stimmorgans von dem des todten und der Kautschukmundstücke im Wesentlichen nicht ab, weshalb ich auf das früher (S. 439 ff) darüber Bemerkte verweise.

Die Unreinheiten, die sich den tiefen Basstönen, wenn die Kehle nicht günstig genug disponirt ist, beimischen, scheinen von den Falten herzurühren, die sich auf den Stimmbändern bei hoher Verkürzung derselben in der Quere bilden, und demnach ein gleichmässiges Gegeneinanderlegen der Glottiszonen beim Toneinsatz unmöglich machen. Auch hier liegt in der Regel ein gewisser katarrhaler Zustand des Kehlkopfs zu Grunde.

Beim Uebergang und Rückgang aus dem Brustregister ins Fistelregister sind die mechanischen Vorgänge verschieden, je nachdem die beiderseitigen Töne Paralleltöne sind, also eine etwa 6 — 7 Stufen betragende Abweichung ihrer Schwingungszahl zeigen, oder je nachdem diese Abweichung eine nur geringe oder selbst Null ist. Beim Parallelismus bleibt die Längenspannung der Stimmbänder unverändert, auch entweicht auf dem einen Paralleltone nach meinen Beobachtungen caeteris paribus dieselbe Quantität Luft, wie auf dem andern, die phonische Glottisweite ist also für beide Töne dieselbe, nur zieht sich der M. vocalis für den Brustton aktiv zusammen, für den Fistelton behält er bloss seine sphinkterische (idiomuskuläre?) Spannung: es legt sich zwischen beide Tonphänomene kein sonstiger, vermittelnder Mechanismus, der dem Ohre unangenehm auffiele, sondern es folgen beide Töne unbehindert, nur von ungleicher Tonfärbung. Auf der technischen alternirenden Verwendung der Paralleltöne für den Gesang beruht bekanntlich das sogen. Jodeln. Bewegt sich diese Gesangmanier in möglichst reinen Parallelton-

intervallen, die nach Umständen auch noch erweitert werden können, so braucht der Sänger bei gleichbleibender Glottislänge für den beabsichtigten Falsetton nur die Luftgebung so weit abzuschwächen, dass dadurch die Gegenspannung des M. vocalis, soweit sie znr Bildung des Brusttons erforderlich war, nachlässt, und er wird ohne sonderliches Suchen in den gewollten Ton umspringen. Daher ist auch das Jodeln vorzugsweise Eigenthum der sogenannten Natursänger, eben weil sich die hier vorkommenden Tonsprünge gleichsam freiwillig, von Natur, ungesucht, also ohne Zuthun einer besondern Kunst, der Kehle darbieten. — Je mehr aber die geforderten beiden (amphoteren) Töne hinsichtlich ihrer Schwingungszahl einander sich nähern, desto schwieriger wird der Uebergang, wie jeder ungeübte Sänger an sich erfahren kann. Geshieht der Uebergang z. B. aus einem Falsetton in den nächst tieferliegenden Brustton, so muss die Glottis ein Stück verlängert werden, es muss der Antagonismus zwischen M. cricothyr. und M. vocalis hergestellt werden, die bisher mehr flächenartig divaricirten Fasern des letztern Muskels koncentriren sich strangförmig, und machen den bisher scharfen Rand des Stimmbands wulstiger und dicker, die Tension der Luftsäule muss zunehmen, um die renitenter gewordenen Glottiswände in Schwingungen versetzen zu können, der Kehlkopf muss ein Stück in die Höhe gezogen oder wenigstens momentan am Fallen gehemmt werden: lauter Muskelarbeit, welche wegfällt, sobald das Umgekehrte geschieht, sobald diesem Brusttone der nächst höhere mit Falsetmechanismus angefügt wird. Daher ist es kein Wunder, wenn dieser Uebergang bei ungeübten Sängern mit einem dem Zuhörer vernehmlichen und ihn oft unangenehm berührenden klappähnlichen Geräusche vollzogen wird, das in ersterem Falle mit dem Zufallen, im andern mit dem Oeffnen eines Ventils (aber nicht des Harless'schen) sich vergleichen lässt. Das Schlimmste dabei ist, dass die Klangfärbung der beiden Töne, sobald man die Mittel, den Unterschied möglichst zu verwischen, noch nicht in der Gewalt hat, so auffallend von einander absticht. Es klingt erbärmlich, wenn ein Tenorist, nachdem er z. B. seine Arie bis auf den Schluss mit Anstrengung seiner Stimmmuskeln so leidlich gesungen, nicht mehr weiter kann, und die letzten hohen Töne, auf welche der Komponist eigentlich erst den rechten Effekt verspart hat, mit Falset zu singen genöthigt ist. Je mehr nämlich die die Glottis verlängernden Muskeln ermüdet sind, desto weniger sind sie fähig, sich zu guterletzt noch mehr, als bisher zu verkürzen, weil sie durch anstrengende Arbeit weich werden und dabei sich etwas verlängern. Es ist daher eine wichtige Kunst für den Sänger, zur rechten Zeit (bei Piano vorzutragenden Stellen) vom Falset Gebrauch zu machen, weil dabei die wesentlichen, für die Brusttöne am meisten anzustrengenden Muskeln verhältnissmässig ausruhen, um dadurch Kraft zu behalten, die letzten, den Haupteffekt der ganzen Leistung vermittelnden Stimmmechanismen mit der nöthigen Energie auszuführen. Je mehr ein Sänger die longitudinale Kontraktilität seines M. vocalis schont, desto mehr ist er fähig die sphinkterische Kontraktilität desselben bis zu einem gewissen Höhepunkt auszubilden, und dadurch in den Besitz eines kräftigen Falsets zu kommen: das Geheimniss der wahren Gesangsbildung beruht grossentheils auf Aneignung der Kunst, die natürlichen Unterschiede der Mechanismen der Brust- und Fistelstimme möglichst aufzuheben, und den Sänger in den Stand zu setzen, wo er frei über dieselben verfügen kann.

47*

Nach unsern Untersuchungen existirt in dieser Hinsicht kein sonderliches Geheimniss mehr. Wir wissen, dass bei allmäliger Abschwächung eines nicht zu hohen Brusttons der Antagonismus zwischen M. cricothyr. und M. vocalis geringer wird, wobei letzterer ebenso an Spannung verliert, wie die Luftsäule; während die Intensität des Tones in gleichem Verhältniss abnimmt, und ein Timbre gewinnt, das von dem des darauf folgenden um 1 oder 2 Stufen höher liegenden Falsettons sich wenig unterscheidet, zumal da die sphinkterische Kontraktion des M. vocalis, welche dem Falsetton seine Lautbarkeit und Intensität giebt, um so stärker aufgetragen werden kann, je mehr und je länger die longitudinale (antagonistische) Spannung desselben nachgelassen hat. Etwas schwieriger ist es allerdings, bei absteigenden Passagen aus dem Falset ins Brustregister so überzugehen, dass der Zuhörer nichts davon gewahr wird; indessen gelingt es guten Sängern doch so ziemlich, wofern sie nämlich mit Timbre obscur singen, und den Umsprung auf der 2. Hälfte der Exspiration eintreten lassen, wo die Tension der Luftsäule bereits so abgenommen hat, dass der Einsatz der longitudinalen Spannung des M. vocalis (welche mit der Luftspannung in Verhältniss stehen muss) ohne auffallende Störung bewirkt werden kann. Das Ohr des Kenners wird zwar immer diesen Umsprung erkennen, aber die Menge des Publikums, auf deren Beifall es doch zunächst ankommt, wird schwerlich etwas davon bemerken.

Dieser Einsatz der longitudinalen Spannung des M. vocalis markirt sich sowohl dem Auge als auch dem Ohre: dem Auge als ein Ruck am Pomum nach unten und vorn, bewirkt durch die plötzliche Verkürzung des M. cricothyreoideus und des Geniohyoideus; dem Ohre als ein kleiner Schlag oder Klapp, der sich zwischen die beiden Grenztöne einschiebt, der aber auch durch einen Kunstgriff des Sängers sehr vertuscht werden kann, wofern derselbe zwischen die vorhergehenden Töne durch eine (durch Uebung wohl zu erlernende) stossweise Luftgebung und damit kooperirende Mehr-Konstriktion des sphinkterisch wirkenden M. vocalis einen ähnlichen Klapp einlegt. Noch leichter ist es, die Klangfarben beider Grenztöne einander ähnlich zu machen, sobald wenigstens der Sänger in der ganzen in Rede stehenden Kunst bereits Fortschritte gemacht hat.

Der Mechanismus des sogenannten Ueberschlagens oder Ueberschnappens des Tones ist dem Umsprung des Brusttons in den Falsetton beim Jodeln verwandt, aber doch in mehrfacher Hinsicht davon verschieden, wie sich schon daraus erwarten lässt, dass ersteres ein unfreiwilliger Zufall oder Unglücksfall, letzteres ein beabsichtigter Vorgang ist. Wir sprechen hier übrigens bloss von dem Fall, wo mitten in der Rede oder dem Gesange das angestrengte Stimmorgan plötzlich aus einem mit Brustmechanismus begonnenen, starken Tone in einen andern, einige Stufen höher liegenden und auch sonst anders beschaffenen Ton umschlägt. Dabei haben wir zu bedenken, dass wir es hier immer nur mit einem einzigen Ton, welcher den Umschlag des Mechanismus begleitet, zu thun haben, nicht mit einer ganzen neuen Reihe oder einem Register.

Das Ueberschnappen des Tons kommt dann zu Stande, wenn die Stimme zu hoch getrieben und die Muskeln dabei zu sehr angestrengt wurden, wenn also die beiden Spannmuskeln der Stimmbänder bei entsprechender Tension der Luftsäule zu sehr oder zu lange auf einer gewissen hohen Stufe gespannt gehalten wurden. Diese Spannung war unter den gegebenen Umständen nicht

länger durchzuführen, sie lässt daher über kurz oder lang plötzlich nach, ebenso wie ein Arm, wenn er ein schweres Gewicht zu lange halten soll, dasselbe fallen lässt, oder herabsinkt, wenn er es in gehobener, ausgestreckter Lage zu halten hatte. Die Glottiszone, welche bisher durch die kombinirte Thätigkeit der Mm. cricothyreoidei et vocales entgegen dem Auf- und Seitendruck der sehr gespannten Luftsäule in ihrer brusttongerechten Lage erhalten wurde, giebt jetzt plötzlich nach und wird im eigentlichsten Sinne des Worts von der Uebermacht des Luftdrucks umgeschlagen, und in demselben Moment die bisher nur mässige phonische Glottisweite um ein Ansehnliches vergrössert. Statt der bisherigen gegenschlagenden Schwingungen sukcediren nun eine Reihe überschlagender mit grösserer Geschwindigkeit, aber rasch abnehmender Exkursionsweite, welche einen Ton geben, dessen Schwingungszahl mehrere Stufen, etwa 3—4, höher liegt, als die des vorangehenden Brusttons.

Leider bietet sich die Gelegenheit, dieses Phänomen in unbefangener Weise beobachten zu können, verhältnissmässig selten dar, dabei geht es rasch vorüber, dass man überhaupt nicht viel dabei beobachten kann, und absichtlich am eigenen Stimmorgan experimentirend dieses Phänomen hervorzurufen ist immer eine ebenso prekäre als riskante Sache. Daher vermag auch ich darüber nichts Positives zu sagen. Ich vermuthe jedoch, dass das Ueberschlagen der Stimme oder vielmehr des Tones (denn es ist immer nur Ein Ton dabei im Spiel) mehr dem Mechanismus des Umschlagregisters, als des Gegen- oder Ueberschlagregisters der elastischen Doppelzungen verglichen werden muss. Denn offenbar wird dabei, eben so wie bei letztern Apparaten, die ganze Glottiszone, welche bei dem fraglichen Brusttone im Schwingen begriffen war, umgeschlagen, so weit sie sich nämlich umschlagen lässt, während bei den Fisteltönen sowohl der Luftanspruch ein ganz anderer ist, als auch die Glottiszone nicht so weit sich erstreckt, als wir es beim Mechanismus des Umschlagtons anzunehmen berechtigt sind. Aus diesem Grunde scheint es auch zu geschehen, dass die Schwingungszahl des umgeschlagenen Tones nicht um das volle Intervall des Parallelismus, sondern nur in der Regel um 3—4 Stufen der diatonischen Scala höher ausfällt, als der vorauslautende Brustton. Jedenfalls nimmt aber, sobald der Umschlagston etwas länger andauert, oder ihm ein zweiter, noch nicht dem Brustregister wieder angehöriger Ton folgt, die Glottis sehr bald den Mechanismus des Fistelregisters an, wenigstens ist dies anzunehmen, wenn der Ton während seiner Dauer schwächer wird und dabei sich erhöht.

Ueber das gegenseitige Verhältniss der Lage dieser beiden Hauptregister des menschlichen Stimmorgans zu einander vermag ich auf Grund meiner Untersuchungen ausser dem bisher darüber Gesagten noch bei Weitem nichts aufzustellen, was einer vollständigen, auf alle Organe anwendbaren Theorie ähnlich sähe. Das neueste, in das Gebiet der Anthropophonik einschlagende Werk von Franz Eirel*), der, wie es scheint, praktischer Gesanglehrer ist, und in dieser Sphäre sehr viele verschiedene Stimmorgane auf ihren mannichfaltigen Manifestations- und Entwickelungsphasen beobachtet, dagegen keine wissenschaftlichen Forschungen und Versuche angestellt zu haben scheint, lässt uns jedoch, bei allen seinen verschiedenen, mitunter sehr

*) Die Stimmfähigkeit des Menschen und ihre Ausbildung für Kunst und Leben. Wien 1854.

groben Verstössen gegen Anatomie, Physik und Physiologie, bei allen den verkehrten, mitunter abentheuerlichen Vorstellungen vom Mechanismus der Stimmbildung, wenn wir nur den Weizen vom Unkraut zu sondern verstehen, einige tiefere Blicke in das eigenthümliche Verhalten der einzelnen Organe des Glottisapparats unter verschiedenen Entwickelungs- und Ausbildungsverhältnissen desselben werfen. Wir wollen seine Ansichten, wie er sie in seiner Schrift §. 125 — 142 giebt, hier kürzlich resumiren, durch kurze Einschiebsel (wo es angeht) ergänzen oder berichtigen, und einige Bemerkungen daran knüpfen.

Die Stimmlippen, sagt er, können sich so kontrahiren, dass sie sich ganz oder nur zum Theil verschliessen [sphinkterische Aktion des M. vocalis?]; oder sie können nur gespannt werden [durch Antagonismus des M. cricothyreoideus und M. vocalis etc.], wodurch sie sich ebenfalls schliessen, weil sie [aus der anfangs lanzenförmigen Glottisform] parallel zu einander sich stellen. Die Luft kann hier leichter hindurch, und Schwingungen bewirken. Es können aber auch diese beiden Funktionen gemischt stattfinden, und die Phänomene werden dadurch zahlreicher, je nachdem die eine oder die andere Funktion vorherrscht. — Nähern sich die Stimmlippen auf die eine oder andere Weise, so wird die Luft eingeengt, gedrängter und schneller ausströmen müssen, endlich den Saum der Stimmlippen angreifen und vibriren lassen. Geschieht dies durch die blosse Kontraktion der Bänder, so entsteht ein klangloses Geräusch, um so stärker, je näher sich die Bänder kommen, und erst bei völliger Berührung [?] entstehen der theilweisen Verschliessung entsprechende Töne, in der Tiefe krächzend [Strohbass?], in der Höhe etwas milder klingend. Geschieht die Verengung durch Anspannung ohne verhältnissmässige Kontraktion des runden Theils [?] der Stimmritze, so schwingen die Bänder tönend [beim vorigen Mechanismus also nicht?]; der Ton ist aber nicht immer der Länge der Glottis entsprechend, weil die grössere oder geringere Lufttension hier einen Unterschied der Tonhöhe bewirkt. Bei so [?] erzeugten Tönen hat die Glottis eine beiläufig elliptische Gestalt, die auf der Seite der theilweisen Verschliessung zugespitzt ist, und viel Luft, besonders auf den tiefen Tönen, ausströmen lässt, weil die Oeffnung [Weite derselben?] mit der Länge derselben in Verhältniss steht: je kürzer die Glottis, desto näher kommen sich die Bänder, ohne dass die geringste Vermehrung der Spannung dazu nöthig wäre. Bei den tiefen Tönen muss dabei noch der runde [?] Theil der Glottis mehr verengt werden, und die Spannung dazu treten, je mehr sich die Ritze verlängert [kann dies anders, als durch Spannung geschehen?], sonst könnte die Lunge nicht genug Luft schaffen, um den Strom zum Anspruch genügend zu verdichten. Da sich hier die Stimmlippen einander nicht berühren, so wird der Luftstrahl nicht völlig unterbrochen, und der Klang wird matt. Tiefe Töne erscheinen dumpf und endlich ganz klanglos, wenn nicht Spannung dazu tritt, die den runden Stimmritzentheil zusammenzieht. Je grösser der Umfang des Organs, desto früher [von der obern Grenze des Tonbereichs an gerechnet] muss dies geschehen [weil die Weite der Glottis ein gewisses absolutes Maass nicht überschreiten darf, um überhaupt Schwingungen zu ermöglichen], beim weiblichen Organ also desto später [daher reicht das diesem Mechanismus zukommende Register (Falset) bei demselben tiefer herab]. Hohe Töne (dieses Registers) erscheinen dagegen klangvoller, weil der Luftstrahl hier wegen der kleinen Glottisöffnung koncentrirter ist. Dennoch ist das Timbre dieser Töne zu weich, flötenartig, daher werden sie Kopf-, Fistel- oder Falsettöne genannt. Je mehr dagegen die Stimmlippen parallel schwingen, je kleiner der Querdurchmesser der elliptischen [?] Glottis, desto schärfer, markiger, stärker der Klang: Brusttöne. — Bei dieser parallelen Spannung werden die Bänder so elastisch, dass sie bei geringster Luftgebung schwingen: die Schwingungen begegnen sich und unterbrechen den Luftstrahl [recurrendo] völlig. Bei stärkerer Luftgebung werden sie breiter, und der Klang [Ton] stärker, aber nicht höher, da nur die absolute Bewegung der Schwingungen vermehrt [Schwingungsamplitude vergrössert] wird, die relative [Schwingungszahl] nicht. Bei Uebertreibung des Luftstrahls können die angestrengten Schliessmuskeln den Schwingungsknoten [?] nicht mehr fixiren, die Glottis wird länger als dem gewollten Tone zukommt; die Kraft, die diesen Knoten fixiren sollte, wird zur Erhöhung der Spannung verwendet, die nöthig ist, um mit längerer Stimmritze den gleichen Ton zu

erzeugen, und die Schwingungen gehen auf eine grössere Masse der durch die höhere Spannung verdichteten Stimmlippen über [Was sagen unsere Leser dazu?]. Geschieht dies beim Falset, das fast gar keiner Spannung bedarf, so muss auch da ein Grad von Spannung eintreten, um die Stimmlippen einander näher zu bringen. weil sonst die Oeffnung der verlängerten Ritze zu gross würde. Eirel nennt diese Töne übermässige; sie sollen bei Brust- und Falsetstimme vorkommen, gleichsam grössern Kaliber haben, als dem Organ zukommt, mehr Kraft besitzen und gezwungen klingen. Die normal gebildeten, wo Spannung und schwingende Masse der Stimmlippen, so wie Länge der Stimmritze einander entsprechen, nennt er proportionirte, während die Töne verminderte zu nennen sind, wo die Stimmritze verhältnissmässig kürzer wird, die Spannung ebenso nachlässt, und die schwingende Masse sich verringert, so dass die Stimmlippen ganz oder grossentheils nur durch die Kontraktionskraft einander genähert werden. Beim Falset entsteht diese Verminderung nicht durch Verkürzung der Glottis, sondern durch verhältnissmässig zu grossen Querdurchmesser der elliptischen Ritzenöffnung, wenn die bei tiefern Tönen immer mehr nothwendige [?] Verengung der Glottis unterbleibt. Diese verminderten Töne klingen matt, die verminderten Brusttöne dünn, klanglos, in der Tiefe krächzend [Strohbass?]. — Soll eine Stimme mit Falsettönen gleichförmig sein, so muss die elliptische Form der Glottis vom höchsten bis zum tiefsten Ton allmälig schmäler werden, so dass immer gleichviel Luft ausströmt. In der Regel findet diese gleichmässige Minderung des Querdurchmessers nicht statt, entweder gar nicht oder in kleinerem Verhältnisse, weil diese Verengung durch gleichmässig steigende Spannung bewirkt werden müsste, was aber allmälig das Falset in Brustton umwandeln müsste. Daher werden die Töne in einer Tonleiter vom höchsten absteigend immer mehr vermindert (schwächer und klangloser, bis die Natur diese Abnormität nicht länger tragen kann und jene Vernachlässigung der Verminderung des Querdurchmessers dadurch ersetzt oder verbessert, dass sie die Ritze plötzlich durch die dazu vorhandenen Mittel so viel verengt, als ordnungsgemäss hätte sein sollen. Der so entstandene Ton wird also mit dem obersten (der vorigen Reihe) in richtigem Verhältniss stehen, nicht aber die folgenden, die wieder allmälig vermindert werden, bis über kurz oder lang abermals eine Verbesserung oder ein Ersatz nöthig wird u. s. w. Die durch diese ausgleichenden Vorgänge entstehenden Abtheilungen der Stimme nennt Eirel Einsätze, die so begrenzten Tonreihen will er aber nicht Register genannt wissen, da die Töne eines Registers lauter gleiche sein müssten. Er hält gleichwohl alle solche Einsätze für Fehler der Stimme, zumal wenn die Grenztöne zweier Einsätze sich auffallend von einander unterscheiden Absatz ist die Stelle, wo zwei Einsätze zusammengrenzen. — Bei Aufsteigung der Töne des Falsets [obern Einsatzes] soll oft statt der Spannung der Luftandrang vermehrt werden, wodurch die Töne zu beschwerlich [und übermässig] werden. Die Einsätze liegen bei auf- und absteigender Tonfolge nicht auf denselben Stellen oder Noten. Sie werden ferner um so kürzer, je weniger die Töne über- oder untermässig werden. — Der nach einem übermässigen Brustton folgende Einsatzton ist meistens Falsetton, und zwar desto verminderter, je übermässiger der vorlautende Brustton war, weil bei übermässigen Tönen die Schliessmuskeln für Parallelisirung der Bänder nichts zu thun haben, und beim folgenden Einsatzton die Bänder bei nachlassender Spannung der Luft keinen Widerstand opponiren können. — Gepresst wird oft der nach verminderten Brusttönen einsetzende Ton: hier ist die Spannung beiläufig richtig, aber die Schliessmuskeln wirken auch noch zum Theil ein, daher die Luft nur mit Mühe durchdringen kann, weil die beim verminderten Tone vorwaltende Kontraktion auf den Einsatzton übergeht und die Schwingungen der Bänder erschwert. Nach Falset wird der Einsatzton gewöhnlich ein proportionirter oder übermässiger Brustton [letzteres wegen neu erwachender Energie und ergiebigerer Luftverwendung]. Sehr hohe Töne erzeugt man lieber mit Falset; weil die theilweise Verschliessung der Glottis für hohe Töne mehr Kraft erfordert und auch stärkerer Luftandrang nöthig wäre, so lässt man die Spannung weg. Wer aber die theilweise Verschliessung in den höchsten Tönen von der vollkommenen unterscheiden kann, der stellt durch dieselbe [?] Kraft die Bänder parallel und erzeugt verminderte Brusttöne, die aber immer noch mehr Kraft erfordern, als wenn man einmal versteht, den Parallelismus (der Bänder) durch zweckmässige Spannung zu bewirken. Aber übermässig werden weder [hohe] Falset-, noch Brusttöne sein, weil diese Tonhöhe schon an sich genug Kraft erfordert. Aus gleichem Grunde sind die tiefsten Töne eines Sängers nur verminderte Brusttöne.

Ohne uns hier in eine umständliche Kritik der Eirel'schen Ansicht*) vom Mechanismus des menschlichen Stimmorgans, dessen Anatomie ihm so gut wie gänzlich fremd geblieben zu sein scheint, einzulassen — jeder meiner Leser kann dieselbe mit leichter Mühe selbst ausüben — wollen wir nur die sogenannten Einsätze, und was damit zusammenhängt, noch etwas ins Auge fassen.

Der Name Einsatz ist ganz gut gewählt, wenn er zur Bezeichnung des nach einer gewissen Tonreihe nöthig werdenden Eintritts eines neuen Mechanismus zur Fortsetzung derselben nach oben oder nach unten dienen soll; er ist aber nicht geeignet zur Bezeichnung dessen, was wir bisher unter Register zu verstehen pflegten. Ein Einsatz kann sich vernünftiger Weise immer nur auf einen gewissen Ton beziehen, nicht auf eine ganze Reihe. Was aber bei den von Eirel ganz richtig beobachteten Einsätzen im Innern des Kehlkopfs vorgeht, das mit nur einiger Wahrscheinlichkeit zu konjiciren war freilich Eirel bei seinen mangelhaften anatomischen Kenntnissen und fehlerhaften physiologischen Voraussetzungen nicht im Stande. Namentlich schadete ihm der Irrthum (§. 77. 78.), dass bei Vertiefung des Tones die Stimmritze länger werden, dass also Spannung der Bänder den Ton vertiefen soll. Er unterscheidet lediglich Kontraktion und Spannung der Stimmbänder, kennt aber weder die Organe, die diese Funktionen haben, noch weiss er mit diesen Faktoren gehörig umzuspringen. Wir haben dagegen die Organe des Stimmapparats und die Kräfte derselben vollständig, wie ich glaube, kennen gelernt, und wissen, dass es ausser den von Eirel erwähnten noch mehrere andere giebt. Natürlich muss nun, wenn die eine Kraft erschöpft ist, eine andere, gerade noch disponibele, eintreten, wenn dieselbe fähig ist, die durch erstere nicht weiter fortzusetzende Tonreihe, wenn auch mit anderem Timbre, zu vervollständigen. Ueber die mögliche Anzahl der Einsätze spricht sich Eirel nicht näher aus, obwohl ihm dazu gewiss ein reiches, empirisches Material zu Gebote stand. Nach meinen Erfahrungen müssen wir nicht nur so viel Einsätze annehmen, als es Register giebt, sondern müssen auch die verschiedenen, wenigstens die beiden von Garcia und mir adoptirten Timbres durch Einsätze eintreten lassen. Sonach sind im Ganzen 6 bis 7 verschiedene Einsätze möglich. Angermann**) müsste seiner Theorie zufolge 5 dergleichen annehmen, Delsarte***) sogar 11, wenn überhaupt diese Herren nach nur einigermaassen exakten Grundlagen ihre Stimmkategorien gebildet hätten.

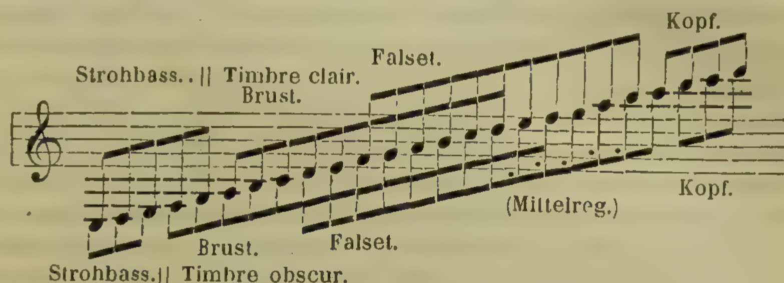
Die durch diese verschiedenen Einsätze begrenzten Tonreihen oder Register (wir haben keinen triftigen Grund, diesen Ausdruck zu verwerfen) liegen theils neben- oder hintereinander (sukcediren einander), oder sie liegen (wenigstens zum Theil) übereinander (decken einander). Brust- und Fistelregister liegen, wie wir wissen, zum Theil übereinander, eben so die tiefen Brusttöne mit Timbre obscur und die Strohbasstöne, dagegen sukcediren die Brusttöne mit Timbre clair und die Strohbasstöne, so wie die Fal-

*) Eirel scheint durch die Lektüre des (schon früher erwähnten) Aufsatzes von Pétrequin et Diday über den Mechanismus der Fistelstimme, deren Theorie der hier mitgetheilten auffallend ähnlich ist, zu seiner Ansicht bestimmt worden zu sein. Zu bemerken ist übrigens, dass Liskovius' Theorie der Eirel'schen in den wesentlichen Punkten gerade entgegengesetzt ist.

**) Neue Berliner Musikzeitung, 1850. No. 37. — Berliner Musikz. Echo 1853. No. 27. 28.

***) Rheinische Musikzeitung, 1853. No. 149.

set- und Kopftöne Garcia's. Die auf der Grenze sukcedirender Reihen liegenden Einsätze sind dem Ohre weniger auffällig, als die den Uebergang aus dem Brust- in das Falsetregister bezeichnenden. Beistehende (nach meinem Stimmbereich entworfene) Notenfigur wird zur Erläuterung des Gesagten beitragen. Eines Komentars bedarf sie hoffentlich nicht.



Bei dieser Disposition haben wir noch nichts von dem sogenannten Mittelregister, das auch von Einigen Kopfregister genannt wird, erwähnt, und es scheint hier der Ort zu sein, über dessen muthmaasslichen Mechanismus etwas beizufügen. Ich habe bereits früher (S. 633) geäussert, dass die hierher zu rechnenden Töne eigentlich nur eine Fortsetzung der mit Timbre obscur gegebenen Bruststimme nach oben darstellen, und mittels eines Mechanismus erzeugt zu werden scheinen, der wenig Tension der Luftsäule, aber auch keine übermässige Spannung der Bänder beansprucht, und wobei der Kehlkopf auf einer mittlern Stellung am Halse fixirt wird. Wenn nun die Stimmbänder durch gehörig ausgiebigen Antagonismus der den Schildknorpel vor- und abwärts einerseits und rück- und aufwärts andererseits ziehenden Muskelsysteme auf einen gewissen Spannungsgrad gekommen sind, und nun mittels der sphinkterischen Aktion des Stimmmuskelapparats dieselben gegen einander gedrückt werden, ohne dass die Luftsäule diesen Gegendruck durch einen völlig entsprechenden Seitendruck überwindet, so muss die angefangene Tonreihe um mehrere Stufen erhöht werden können, ohne dass die Längenspannung der Bänder vermehrt wird. Es tritt bereits hier der Mechanismus ein, der sonst erst auf dem Kopfregister Garcia's in Kraft tritt, nämlich die aliquote Längenverkürzung der gleichgespannt bleibenden Stimmbänder durch zunehmenden Gegendruck, welche natürlich die Schwingungszahl eben so erhöhen muss, wie die Verkürzung einer Violinsaite von bestimmter Spannung. Je weiter diese Verkürzung getrieben wird, desto mehr verliert der Ton an Grösse; auch begreift man, dass unter diesen Umständen eine Schwellung des Tones nur möglich ist, so lange die sphinkterische Muskelaktion ein gewisses mittleres Maass nicht überschritten hat. Lässt man nun, um noch höhere Töne zu gewinnen, die den Kehlkopf herabziehenden, den Schildknorpel rück- und aufwärts drehenden Muskeln der Linea obliqua los, hebt man deren Spannung auf, behält aber den übrigen Mechanismus bei, so steigt der Kehlkopf plötzlich, die Glottis verlängert sich, und die Tonschwingungen gehen bei gehörig proportionirter Luftgebung mit dem Mechanismus der Kopfstimme Garcia's fort, ohne dass ein greller Tonbruch zu bemerken wäre, nur im Timbre manifestirt sich eine merkliche Aenderung.

Ueber den Begriff Kopfstimme herrscht grosse Verwirrung, namentlich in Deutschland, wo man wirklich bis jetzt nicht weiss, was man darunter verstehen soll. Am häufigsten kommt es hier wohl vor, dass man

die höchsten mit Timbre clair oder hohem Kehlkopfstand erzeugten Brusttöne mit diesem Namen belegt, sobald nämlich der betreffende Sänger gewohnt ist, sich für gewöhnlich des Timbre obscur für die Brusttöne zu bedienen, die höchsten ihm möglichen Töne dagegen mit plötzlicher Hochstellung des Kehlkopfs erzeugen zu müssen glaubt. Natürlich erhalten dadurch diese Töne ein ganz anderes Timbre, sie fallen gegen die bei tiefem Kehlkopfstande erzeugten kräftigern vollern tiefern Töne sehr ab, sind kleiner, schwächer, magerer; obgleich von diesem plötzlich eingetretenen Unterschiede gewiss nichts oder sehr wenig bemerkbar geworden wäre, wenn der Sänger sich schon vorher des Timbre clair bedient hätte. Bei manchen Tenoristen mit engem Kehlkopf schliesst sich der Mechanismus des Falsets sehr leicht an den der Bruststimme, und die Paralelltöne liegen enger zusammen. Hier ist, wenn der Sänger nach Erreichung seines höchsten, noch guten Brusttons den M. vocalis relaxirt, wenig Kunstübung erforderlich, um den nächsthöhern Ton, obwohl er bereits dem wahren Falset angehört, mit einem Timbre zu erzeugen, das sich von dem des vorigen Brusttons wenig unterscheidet. Auch wird man hier am Halse wenig Veränderung in der Kehlkopfmechanik wahrnehmen können. In solchen Fällen pflegt der Umfang des Falsets nicht gross zu sein, von einer zweiten, der Kopfstimme Garcia's entsprechenden Tonreihe ist hier meistens nichts vorhanden. Auch diese Fisteltöne werden in der Regel Kopftöne genannt, und wird ein eigentlich sogenanntes Falsetregister solchen Sängern geradezu abgesprochen. Nicht minder mag der Timbre-Unterschied Manche zur Annahme dieses Kunstausdrucks verleiten. Wenn nämlich ein Sänger aus mit Timbre obscur gesungenen Brusttönen bei gehöriger Abschwächung des Luftanspruchs in das Falset übergeht, ohne dabei die Kehlkopfstellung zu ändern, so ist er bei einiger Uebung wohl fähig, dem Ohre diesen Uebergang ziemlich unmerklich zu machen; die tiefern Falsettöne haben dann verhältnissmässig viel Klang und einige Stärke, unterscheiden sich demnach von den gewöhnlichen Falsettönen anderer minder geübten Sänger, und man nimmt keinen Anstand, solche Töne mit einem andern Namen, also mit Kopfstimme, zu bezeichnen.

Um über diese Sache in's Klare zu kommen, müssen wir vor Allem die beiden Timbre-Unterschiede des Falsets auf ihren Mechanismus noch etwas genauer untersuchen, als es bereits (S. 624) geschehen ist.

Wie bei der Bruststimme, sind auch beim Falset behufs des Timbre clair die Stimmbänder mehr in die Länge gespannt, als beim obscur, es wird bei jenem mit weniger Luft operirt, die Glottiszone ist dünner, die Beweglichkeit u. s. w. grösser, als bei diesem; der ganze Stimmapparat wird beim Timbre obscur fester gehalten, hält dem Längendruck der Luftsäule mehr Stand, als beim Timbre clair; es schwingt daher bei ersterem sowohl eine dichtere und seitlich gespanntere (der Länge nach weniger gespannte) Glottiszone, als auch eine grössere Luftmasse; während bei letzterem zwar die Längenspannung caeteris paribus eine grössere, aber die der Luftsäule von den Seiten her und nach unten entgegenwirkende Druckspannung eine geringere ist. Ferner haben wir bereits erwähnt, dass die Glottis auf Tönen mit Timbre obscur in ganzer Länge sich phonisch öffnet, dieser Mechanismus aber nach einer gewissen Reihe von Tönen nicht mehr durchgeführt werden kann, sondern dann zu Ende geht, und die Aliquotverkürzung der Glottis in Folge der sphinkterischen Kontraktion und Gegenpressung der

beiden Mm. vocales eintritt, nachdem der Kehlkopf rasch und in grossen Schritten gestiegen ist, und die Bänder dadurch verlängert worden sind. Der Ton gewinnt nun ebenso an Höhe, als er an Grösse abnimmt. Beim Timbre clair steht der Kehlkopf von vorn herein höher, weil die Stimmbänder mehr der Länge, als der Breite nach gespannt sind; die Längenspannung, die beim Timbre obscur nach Erreichung der besten mittlern Falsettöne in wenig grossen Schritten geschieht, geschieht hier allmälig und wird ziemlich gleichförmig auf die ganze Tonreihe vertheilt, bis mittels dieses Mechanismus keine weitere Tonerhöhung möglich ist, und nun zu diesem Zwecke die sphinkterische Kontraktion und Gegenpressung der beiden Mm. vocales ebenso ins Werk tritt, wie beim vorigen Timbre. Wir haben schon früher diesen letztern Mechanismus als das wesentliche Element des Kopfregisters Garcia's bezeichnet. Nach meinen Beobachtungen tritt dasselbe bei vorgängigem Timbre clair etwa eine Stufe früher ein, als nach Timbre obscur; auch begreift man, dass der Einsatz dieses Registers bei Timbre clair ein mehr vermittelter, daher dem Ohre weniger auffälliger sein muss, als bei Timbre obscur des vorausgehenden Falsettons, wo der Timbreunterschied beider Register greller hervortritt.

Behufs des hier wesentlichen sphinkterischen Gegendrucks der bis auf eine gewisse Höhe (doch nicht, wie es scheint, bis zu ihrem Maximum) in die Länge gespannten Stimmbänder zieht sich nicht nur der ganze M. cricothyreoarytaenoideus in allen seinen Strata sammt dem M. ary-arytaenoideus, so weit es ihnen unter diesen Umständen erlaubt ist, dem Seitendruck der Luftsäule opponirend zusammen, sondern die Schildknorpelflügel werden auch noch von aussen her durch die hierzu vorhandenen Muskeln zusammengeschoben, so dass die Glottisränder allmälig immer mehr gegen einander gedrückt werden, und der Luftstrom bei gleichbleibender Tension die Glottis nur in einer allmälig immer mehr abnehmenden Länge zu eröffnen vermag.

Von dem vorhin erwähnten Zwischenregister, bei welchem wir gleichfalls eine ähnliche Aliquotverkürzung der schwingenden Glottis annahmen, unterscheidet sich demnach das Kopfregister Garcia's in sehr bestimmter Weise dadurch, dass bei ersterem der Kehlkopf tiefer am Halse gehalten wird, als bei letzterem, demnach auch die Stimmbänder bei ersterem relativ kürzer und durch antagonistische Längenspannung des M. vocalis zu legitimen Brusttonschwingungen befähigt sind, während beim Kopfregister die Spannung des letztern Muskels lediglich gegen den Seitendruck des Luftstrahls (hier ist dieser Ausdruck einmal an seinem Platze) gerichtet ist. Da die phonische Glottisweite und Glottislänge hier allmälig bis auf ein Minimum reducirt wird, so kann die Kon- und Resonanz der gebildeten Tonwellen nicht mehr in den unter der Glottis liegenden Räumen des Stimmorgans vor sich gehen, sondern beschränkt sich auf die Höhlen des Ansatzrohrs: die Stimme scheint daher aus diesen, grossentheils in den Basilarknochen des Schädels liegenden Hohlräumen zu kommen, und der Name Kopfstimme ist physiologisch gerechtfertigt und beizubehalten. — Dass der Kehlkopf so hoch gezogen wird, geschieht nicht nur behufs der Längenspannung der Stimmbänder, sondern auch behufs der Kompression des ganzen Kehlkopfraums und der Verkürzung und Verengung des Fangrohrs, was alles tonerhöhende Momente sind. Der Kehldeckel kommt sehr tief auf die Kehlkopfsapertur zu liegen, die dadurch sehr verkleinert und nach hin-

ten gedrängt wird, Der Isthmus faucium wird auch verengt, die Uvula heftig zusammengezogen, wahrscheinlich um die Diffusion der tönenden Luftmasse nach den Resonanzräumen hin nicht zu behindern und um ein störendes Mitschwingen dieses Organs zu verhüten. Die gedachten Resonanzräume müssen gehörig zugänglich, leer und geräumig sein, wenn diese Kopftöne klar, hell und ohne nasales Timbre ansprechen sollen. Wir sehen jetzt auch ein, weshalb dieses Tonregister nicht Eigenthum aller singenden Individuen sein kann, sondern nur solcher, deren Resonanzräume die gedachten Eigenschaften besitzen, und deren Kehlkopf in seinen einzelnen Theilen gehörig beweglich und in hinreichendem Umfange elastisch ist, was namentlich vom Schildknorpel gilt. Ist dieser verknöchert, so wird das Kopfregister kaum möglich sein; bei Frauen dagegen, wo der Umfang der Elasticität der Kehlkopfknorpel überhaupt ein grösserer, der Kehlkopfraum auch im Breitendurchmesser im Verhältniss zur Muskellänge kleiner ist, erlangt dies Register bei einiger Uebung einen ziemlich grossen Umfang und künstlerische Verwendbarkeit.

Bei dem seiner Tonlage so ziemlich dem Kopfregister entgegengesetzten von uns sogenannten Kehlbassregister wird, wie wir in der Phänomenologie gesehen haben, behufs der an Tiefe die tiefsten Brusttöne noch übertreffen sollenden Töne der Kopf gesenkt, dadurch das Kinn dem Zungenbein und Pomum genähert und mit diesen Theilen in möglichst gleiches Niveau gebracht; alle zwischen Unterkiefer, Zungenbein, Kehlkopf und hinterer Pharynxwand liegenden Muskeln werden stark verkürzt und gespannt, ohne dass die Wände des Fangrohrs dabei sonderlich an Spannung gewinnen, weil durch die Neigung des Kopfes die vordere Halsgegend bedeutend an Höhe verliert. Durch die Glottis wird ein voluminöser Luftstrom möglichst langsam geblasen, wobei es nicht darauf ankommt, ob ein Theil desselben als sogenannte wilde Luft (gehaucht) durchstreicht. Die Glottis wird durch den gewöhnlichen Mechanismus stark verkürzt, ohne dass der M. vocalis dabei eine sonderliche opponirende Thätigkeit entwickelt Selbst der M. cricoaryt. lateralis scheint sich nur auf halbem Spannungsgrade zu befinden, und die Stimmfortsätze noch nicht bis zu gegenseitiger Berührung einander genähert zu werden. Daher lassen sich diese Töne gar nicht mit Glottisschluss einsetzen: die phonische Verengung und (wohl nur partielle) Schliessung der Glottis wird erst durch den Luftdruck provocirt. Doch mag auch die durch den M. thyreopharyngeus vermittelte Kompression des Schildknorpels etwas zur Gegeneinanderschiebung der Stimmbänder beitragen. Die Spannung sowohl als Anspruchsfähigkeit letzterer ist auf ihrem untern Extrem angelangt. Die Schwingungen scheinen bei diesen Kehlbasstönen deshalb, weil hier die Glottis anatomisch offen steht, noch mehr Aehnlichkeit mit den durchschlagenden der Kautschukapparate zu haben, als die legitimen Brusttonschwingungen. Ihre Exkursionsweite nimmt mit zunehmender Tiefe des Tones ab, und je mehr dies geschieht, desto mehr ist auch, um den Ton überhaupt noch zu retten, das Bedürfniss vorhanden, die Glottis mehr zu schliessen, und den Mechanismus des Strohbasses, als den behufs der beabsichtigten Schwingungszahl allein noch statthaften, eintreten zu lassen.

4) Ueber Gesang im Allgemeinen, über einige Gesangmanieren und Gesangfehler. Kritik einiger hier üblichen Kunstausdrücke.

Die Kombinirung der im menschlichen Kehlkopf erzeugten, im Ansatzrohre artikulirten Tonphänomene nach musikalen Gesetzen und die Verwendung derselben zu Kunstzwecken nennt man Singen, das Produkt davon Gesang. Es ist nicht absolut nöthig, dass das, was gesungen wird, aus Worten besteht, dass also eine zu Sätzen, oder Perioden verbundene metrische oder lyrische Reihe von Silben und Worten die Träger der Töne darstellt, denn man nennt auch das noch Gesang, wenn ein Sänger oder eine Sängerin auf einer bedeutungslosen Silbe eine zu einer Melodie oder zu einer musikalen Phrase verbundene Reihe von Tönen hervorbringt, ebenso wie ein Singvogel, der auch zu seinem Gesange der Sprache nicht bedarf. Ueberhaupt wollen wir hier über die Frage, in wie weit die Unterlegung von Worten oder eines sogenannten Textes für den menschlichen Gesang erforderlich sei, noch nicht debattiren, indem dies erst Gegenstand einer spätern Untersuchung sein soll, sondern wir wollen hier von dem Gesange nur in so weit sprechen, als er es mit reinen Tönen zu thun hat, in so weit er also der Tonkunst angehört. Von den drei Haupterfordernissen eines vollkommenen Gesangs, welche Pachierotti*) aufgestellt hat, lassen wir demnach vorläufig das dritte (*pronunciar chiaramente*, die deutliche Pronunciation oder Artikulation) weg, und beschränken uns auf die Respiration und Stimmgebung. Wir wollen also jetzt versuchen, die in den bisherigen Untersuchungen erforschten Gesetze der menschlichen Tonphänomene auf den Gesang anzuwenden und so der Kunst dienstbar zu machen. Manches, was hier zur Sprache kommen muss, ist schon seinem Mechanismus nach in den vorstehenden Abschnitten gelegentlich berührt worden, weshalb wir uns im Allgemeinen ziemlich kurz fassen können, und mehrmals auf Früheres verweisen werden.

Tonbildung. Um hier zu einer genauen, wissenschaftlichen Begriffsbestimmung zu gelangen, müssen wir zwischen dem rohen primären Kehlkopfton und den zum Mund ausströmenden fertigen Gesangton unterscheiden. Der Ton an sich, d. h. die in einem gewissen Tempo einander sukcedirenden Schwingungen der Stimmbänder und der zwischen dieselben hindurchbewegten Luftsäule ist als solcher fertig und vollständig gebildet, sobald letztere in den obern Kehlkopfraum getreten ist: seine wesentliche Eigenschaft, die Schwingungszahl, wird bei der Fortbewegung der Luftsäule nicht abgeändert; wohl aber erhält er auf diesem Wege neue Eigenschaften, die für die Kunst verwerthbar sind, und welche, wenn sie in ästhetisch erforderlicher Weise erworben worden sind, dem Kehlkopfton das Gepräge des guten Gesangtons aufdrücken. Viele Gesanglehrer verstehen unter Tonbildung nur diese letztere Modifikation oder Umbildung des Kehlkopftons. Die alten italischen Gesanglehrer bezeichneten das, was wir im Allgemeinen unter Tonbildung verstehen, mit dem Ausdruck „metter la voce“, welcher meines Erachtens aus einem ganz richtig geleiteten Instinkt hervorgegangen ist. Metter, lateinisch Mittere, heisst: Setzen, Stellen, aber

*) Seine Vorschrift lautet: Mettete ben la voce, respirate bene, pronunciate chiaramente, ed il vostro canto sarà perfetto.

auch Schicken, Fortbewegen, loco movere. Gesetzt, gestellt werden, und zwar in richtiger Weise, müssen behufs der künstlerischen Tonbildung die Organe der Stimme; bewegt werden muss, gleichfalls mit richtig bemessener Kraft, durch die richtig zu einander gestellten Organe die zur Tonbildung zu verwendete Luft. Wollen wir nun mit physiologischem Selbstbewusstsein verfahren, so müssen wir diesen ganzen Vorgang der normalen Tonbildung in folgende einzelne Momente (oder besser Motive) zerlegen: in den Toneinsatz, in die Tonhaltung, in die Tonbewegung und Tonfärbung, und in die Tonausgebung. Wir wollen diese vier Momente jetzt etwas näher betrachten.

a. Toneinsatz. Man setzt einen Ton richtig ein, indem man die Stimmbänder in die zur Erhaltung der geforderten Schwingungszahl erforderliche Tension versetzt, indem man diese Tension sich in der zur Erzielung des verlangten Stimmregisters erforderlichen Breite erstrecken lässt, und indem man so viel Luft in die Glottis einführt als zur Erlangung der gewollten Tonstärke erforderlich ist, also für einen schwachen Ton wenig, für einen starken Ton viel; indem man ferner den Kehlkopf auf die dem beabsichtigten Timbre und der Gegenstellung der Stimmbänder entsprechende Position am Halse stellt. Alles dies haben wir im vorigen Abschnitt genauer untersucht.

b. Tonhaltung. Man erhält den eingesetzten Ton auf der ihm zukommenden Schwingungszahl, und verhütet so das Detoniren (oder das Abnehmen der letztern), mögen sich dabei die übrigen Eigenschaften des Tones nach Absicht des Sängers ändern oder nicht, dadurch, dass man die Spannung der Stimmbänder zur Spannung der durch dieselben bewegten Luftsäule in einem kompensirenden Verhältniss erhält, d. h. dass man bei wachsender Ausflussgeschwindigkeit der Luftsäule mit der Tension der Bänder in entsprechendem Grade nachlässt und umgekehrt, während man bei gleichbleibender Tension der Bänder es ganz in seinem Belieben hat, letztere durch grössere oder geringere Massen durchtretender Luft in weitere oder engere Exkursionen zu versetzen, deren Sukcession rhythmisch sich hier gleich bleibt, also auch Gleichbleiben der Schwingungszahl bedingen muss. Denn wenn auch ein grösserer exspirativer Druck zum Austritt einer grösseren Masse Luft erfordert wird, so vermehrt sich doch weder die Spannung derselben, noch die Geschwindigkeit, mit der sie durch die Glottis bewegt wird, weil die phonische Glottisweite in entsprechendem Grade zunimmt.

c. Tonbewegung. Aus der Glottis wird nun der primär erzeugte Ton, die tönende Luftsäule bewegt in das Ansatzrohr, um hier diejenigen Eigenschaften zu acquiriren, welche man unter dem Ausdruck Klang, Klangfärbung Timbre u. s. w. zu verstehen pflegt. Je nachdem das Ansatzrohr caeteris paribus kurz oder lang ist, wird das Timbre, wie wir wissen, hell oder dunkel ausfallen: die übrigen Färbungen des Timbres hängen von räumlichen Veränderungen, namentlich den verschiedenen Stellungen ab, welche die Organe des Ansatzrohrs zu einander annehmen. Vom vorhandenen Rauminhalte desselben wird die Tonfülle oder Tongrösse bedingt, von der Stellung des Gaumensegels und seiner Pfeiler das Vorhandensein oder der Mangel des nasalen, gutturalen Timbres u. s. w. Die Hauptsache, auf die es bei der Tonbewegung ankommt, ist, dass der tönende Luftstrom in alle Räumlichkeiten des Ansatzrohrs im rechten Verhältniss geleitet wird,

und dass er an den Wandungen desselben keine falschen Brechungen, Unterbrechungen, Hemmungen oder Absperrungen erleidet: denn alle diese Einwirkungen machen den Ton unschön. Hierüber haben wir schon früher Einiges bemerkt, und werden noch bei der Physiologie der Vokale mehr beifügen.

d. Tonausgebung. Diese ist das Ziel der Tonbewegung, das eigentliche äussernde Motiv der Tonbildung (utterance). Sobald der Ton, die tönende Luftsäule im Ansatzrohr seine Eigenschaften, die ihn zum eigentlichen Stimm- oder Gesangton machen, erlangt hat, muss er ohne Verzug, ohne irgend ein diesen Eigenschaften etwas wieder entziehendes Hinderniss an die freie Luft herausgegeben werden, damit er durch diese zum Ohr des Hörers geleitet wird. Da jedoch dieser Vorgang bereits in das Gebiet der Vokalbildung gehört, diese aber Gegenstand einer spätern Untersuchung sein wird, so versparen wir Alles hierüber zu sagende auf den nächsten und letzten Hauptabschnitt dieses Werks.

Tonmittel, Stimmmittel. Kein Ausdruck ist denjenigen, die über Gesang und Sänger sprechen oder schreiben, geläufiger, als dieser, aber kein Mensch weiss mit Bestimmtheit anzugeben, wo diese Mittel ihren eigentlichen Sitz und ihre Begründung haben. Und doch würde die genaue Kenntniss dieses Sitzes, d. h. der Organe, welche die verschiedenen Eigenschaften der Stimme dieses oder jenes Sängers vermitteln, von unermesslichem Nutzen sein. Wir wollen daher auf Grund unserer bis jetzt erlangten Kenntnisse vom menschlichen Stimmorgan versuchen, wenigstens einen Anfang zur Lösung der gestellten Frage zu machen.

Die Stimmmittel haben wir im Allgemeinen zu unterscheiden in angeborene, richtiger angewachsene, und in erworbene oder angebildete. Erstere sind die Organe der Stimmerzeugung selbst, wie sie von Natur vorhanden waren, als das betreffende Individuum zu singen und jene Organe methodisch zu üben und zu entwickeln anfing; es sind die natürlichen Mittel oder Anlagen, die es für den kunstgerechten Gesang mitbrachte. Letztere sind die durch methodische Uebung erworbenen funktionellen Befähigungen oder Talente, und beziehen sich zunächst auf die Fähigkeit oder Fertigkeit, die bei den Stimmphänomenen wirksamen Muskeln zu den isolirten und kombinirten von der Kunst geforderten Bewegungen derselben dem Willen dienstbar und gehorsam zu machen.

Zu den natürlichen oder angeborenen Stimmmitteln gehört zuerst ein ebenmässig und stark gebauter, muskelkräftiger Körper überhaupt, der etwas aushalten kann, und namentlich den äussern, besonders Temperatureinflüssen gut widersteht, dabei aber auch bildungsfähig ist, namentlich was die geistigen Anlagen und Fähigkeiten anlangt. Sodann ein weiter, wohl entwickelter und gewölbter Brustkasten mit gesunden, gehörig elastischen Lungen, starken Inspirationsmuskeln, und einem nicht zu grossen Herzen. Von besonderem Einfluss ist auch der Hals. Er muss gehörig fleischig und darf nicht zu lang sein, er muss den Kopf fest und sicher tragen, dass er nicht bei jeder Erschütterung des Körpers schwankt oder zittert; ferner sei die Schilddrüse wohl entwickelt, damit sie viel dem Kehlkopf verfügbares Blut aufnehmen und dadurch die Stimmarbeit recht lange ohne Ermüdung oder Heiserkeit (Trockenheit der Schleimhaut u. s. w.) unterhalten kann; doch darf sie nicht hypertrophisch sein, sonst drückt sie zu sehr auf den Kehlkopf, erschwert dessen Aufsteigen und drückt auf die Halsvenen,

so dass bald Kongestion nach den Kopf eintrittt. Der **Kehlkopf** selbst muss bei jedem Sänger (Sängerinn), der (die) entwas leisten will, verhältmässig gross, mehr als mittelgross, und in seinen Knorpeln, Bändern und Muskeln kräftig gebaut sein, d. h. der Querdurchschnitt eines jeden dieser Organe zeige eine gehörig ausgiebige Fläche. Wohl kaum nöthig zu erwähnen ist hier, dass beide Kehlkopfhälften einander möglichst symmetrisch in allen ihren einzelnen Theilen entsprechen und dass namentlich beide Schildknorpelflügel genau in der Mittellinie vereinigt sein müssen, so dass nicht der eine (wie in Fig. 27. S. 80. absichtlich und beispielshalber gezeichnet ist) über den andern vorspringt. Noch nöthiger ist, dass die beiden Schneppenknorpel einander genau korrespondiren, genau in der Mittelfläche des Kehlkopfs zusammenkommen, und einerlei Neigung haben. Vor Allem müssen aber die **Stimmbänder**, zunächst die elastische Schicht derselben, einander gleich, ergiebig an Masse sein, und die Höhe derselben (der Abstand der obern Zone vom obern Strich der untern) einen Durchmesser zeigen, der nicht mehr, als etwa den 4. Theil der Länge des ganzen Bandes austrägt. Beide Stimmbänder müssen, wenn die Knorpelglottis geschlossen ist, einander genau gegenüberstehen. Ihre Neigung zur Horizontalebene des Kehlkopfs sei weder zu gross noch zu klein, d. h. sie betrage auf der phonischen Mitte etwa 15°. Die Elasticität der Stimmbänder sei: eine vollkommene, d. h. nach ihrer grössten Ausdehnung müssen dieselben genau ihre vorige Länge wieder annehmen; eine mässig grosse, mit dem Umfang und der Ausgiebigkeit des Respirationsorgans in geradem Verhältniss stehende; dabei aber auch eine umfängliche, so dass die Bänder zwar jedem Tensionsgrade der gegen sie andringenden Luftsäule nachgeben können (wonach ihre Anspruchsfähigkeit zu bemessen ist), aber auch dem grössten Luftdruck, den die gesammte Thätigkeit der Exspirationsmuskeln zu erzeugen vermag, Widerstand zu leisten fähig sind. Die Insertions- und Streichungsverhältnisse der elastischen Fasern seien in beiden Stimmbändern einander genau entsprechend; namentlich zeige die obere Zone keine falsche Faltung, Abstumpfung oder knotige Stellen, und besitze die Fähigkeit, sich beim Luftanspruch in eine feine, scharfe Hautfalte auszutreiben, die jedoch beim Crescendo nicht zu leicht aufgebläht oder gar umgeschlagen werden darf. Hierauf beruht die normale Grösse des Elasticitätsmodulus der Stimmbänder, die bei jedem Tensionsgrade der die Glottis durchstreichenden Luftsäule so viel austragen muss, dass derselben die Stimmbänder, mögen sie beliebig verlängert oder verkürzt sein, hinlänglichen Widerstand leisten können. Dazu ist aber auch ferner erforderlich, dass die **Ventrikel** weit und tief genug sind und dabei gehörig dicke und stark elastische Wände besitzen, damit sie nicht nur eine zu jedem phonischen Zwecke ausreichende Luftquantität aufzunehmen, sondern dieselbe auch gehörig zu verdichten befähigt werden. Dazu müssen natürlich auch die **Taschenbänder** und die übrigen Organe der obern Kehlkopfportion, die **Epiglottis**, deren Wurzelband, die Membrana quadrangularis mit ihren Rändern u. s. w. in ihren anatomischen und physikalen Eigenschaften und gegenseitigen Dispositionen wohl entwickelt und zusammengefügt sein.

Alle diese und noch viele andere, besonders im Ansatzrohr liegenden Bedingungen sind zu dem erforderlich, was man in der gewöhnlichen Kunstsprache unter genügenden oder guten natürlichen Stimmmitteln zu verstehen pflegt. Wollen wir nun noch weiter gehen und fragen, welches die

besonderen organischen Bedingungen zu der oder jener speciellen Eigenschaft der Stimme sind, so gerathen wir freilich in ein Gebiet, in welchem wir von der Dunkelheit, die in ihm herrscht, vor der Hand noch keinen sichern Schritt thun, also uns nur auf Vermuthungen beschränken können. Die Schwierigkeiten für die Darstellung liegen besonders darin, dass wir noch gar keine Ausdrücke für die meisten Stimmqualitäten, die alle innerhalb der Grenzen der normalen, gesunden, guten oder schönen Stimme vorkommen können, besitzen, dass es der Sprache oder den Sprachen (die italische nicht ausgenommen) bisher an Worten gefehlt hat, um die vom Gehör empfundenen Unterschiede der Stimmindividualitäten zu bezeichnen. Einzelne, aber fast nur für abnorme, unästhetische Stimmqualitäten gebrauchte Ausdrücke, wie Nasenton, Kehlton, gestopfte, belegte Stimme u. s. w. beweisen jedoch, wie schon der blosse Gehörsinstinkt das Wesen solcher Qualitäten der Stimme in den Organen gesucht hat, die bei jenen eine gewisse Abweichung von der normalen Textur, Formation und Disposition erkennen lassen; und wir ersehen schon hieraus, dass es Aufgabe der Physiologie ist, durch weitere, genauere Nachweisung des organischen Sitzes der verschiedenen Stimmqualitäten auch für dasjenige demonstrirende Ausdrücke zu schaffen, was bisher lediglich auf die empirische Diagnose mittels des Ohres beschränkt war.

Vor der Hand kann ich mich hier nur auf einige Andeutungen über die organischen Ursachen der geläufigsten natürlichen Stimmqualitäten oder Stimmmittel beschränken, die nähere Erörterung und Beweisführung auf eine andere Gelegenheit versparend.

Die Stärke (Dicke) der Stimme steht bei gleicher Tonlage mit der Dicke oder dem Querschnitt der Stimmbänder in geradem, mit der Länge derselben in umgekehrtem Verhältniss, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dass die Räumlichkeit der Ventrikel damit in Verhältniss steht, und die Gleichgewichtsspannung der Stimmbänder durch ein entsprechend starkes Ligam. conoideum unterhalten wird. Der ganze Kehlkopf hat bei einer starken Stimme einen geringern geraden Durchmesser, als ein Kehlkopf, der bei gleicher Stimmlage eine schwächere Stimme giebt. Ein scheinbar grosser, vorspringender Kehlkopf ist daher gerade kein Zeichen einer starken Stimme. Doch muss dafür die Dimension der Höhe und Breite des Kehlkopfs vor der der Tiefe vorherrschen, auch der Festigkeitsmodulus der Verbindungsorgane ein grösserer sein.

Die Intensität der Stimme steht mit dem Elasticitätsmodulus der Stimmbänder in geradem Verhältniss.

Die Grösse der Stimme wird vom Umfange des gesammten tönenden und mittönenden Apparats bestimmt.

Die Härte einer Stimme scheint mit der Festigkeit des Schildknorpels, vielleicht auch des Kehldeckels, so wie der die einzelnen Knorpel verbindenden Bänder, in geradem, die Weichheit in umgekehrtem Verhältniss zu stehen.

Die sogenannte gestopfte oder gedämpfte Stimme setzt umfangreiche, zunächst die Wandungen der obern Kehlkopfshälfte auspolsternde, den Raum derselben etwas verengende, und den Ton in seiner Leitung behindernde Fettlager voraus.

Sonor, hell oder weitklingend ist die Stimme, wenn alle Leitungsorgane in normalem Zustand sind; klangarm, matt oder leer dagegen, wenn

z. B. die Kehlkopfknorpel verknöchert, die Weichtheile des Kehlkopfs und Ansatzrohrs zu gefäss- und säftearm sind, namentlich wenn die Schleimhaut des Ansatzrohrs infiltrirt und verdickt ist.

Wohlklingend oder rein ist die Stimme, wenn beide Stimmbänder von ganz gleicher, normaler Beschaffenheit in allen ihren Verhältnissen und Beziehungen sind, und dabei die Ansatzrohrtheile wenigstens nicht störend einwirken. Im umgekehrten Falle wird die Stimme, wenn sie auch sonst gute Eigenschaften besitzt, doch nicht vollkommen schön und rein klingen.

Scharf oder subtil wollen wir eine solche Stimme nennen, welche in beiden Hauptregistern schon bei sehr schwachem und dünnem Luftanspruch rein und hell anspricht. Dies ist der Fall, wenn die Stimmbänder im Querschnitt fein und scharf zugeschnittene, einander genau korrespondirende Randzonen bilden. Stumpf dagegen, nicht augenblicklich ansprechend ist die Stimme, unbeschadet ihrer übrigen Eigenschaften, wenn die Stimmbandränder beim Toneinsatz sich nicht in eine scharfe Falte ausziehen lassen, sondern mehr oder weniger wulstig oder stumpf bleiben.

Diese verschiedenen Eigenschaften der Stimme können zu der Zeit, wo ein Individuum sich der künstlerischen Ausbildung seiner Stimmorgane widmet, in sehr verschiedenem Grade und verschiedener Mischung vorhanden sein. Der Komplex derselben, wie er sich gerade im Individuum vorfindet, bildet den von Natur gegebenen Grund und Boden, welcher durch die kunstgemässe Ausbildung zu befruchten und zu bebauen ist, damit die natürlichen, bisher ohne künstlerisches Bewusstsein zu den Phänomenen der Sprache und der Naturtöne verwendeten Stimmmittel nach den Anforderungen der Kunst theils beschränkt, theils erweitert, theils ausgebildet werden; wobei Manches bisher widerstrebende oder von einander getrennt auftretende mit einander vereinigt, Manches bisher regellos oder in ungeordneten Schritten sich bewegende zum ebenmässigen, geregelten Gange gebracht, manche bisher noch schlummernde oder nur in geringen Anfängen vorhandene Thätigkeit geweckt und genährt, manche überwuchernde Thätigkeit gezügelt wird u. s. w.

Es liegt nicht im Plane dieses Werks, die Methode anzugeben, nach welcher der angedeutete Zweck, der in nichts Geringerem besteht, als die Kunst des Gesanges im weitesten Sinne des Worts dem Individuum anzueignen, am sichersten und vollständigsten erreicht wird. Hier beschränke ich mich nur auf die eine Bemerkung, dass alle gesangliche Kunstübung in ihrer konkreten Manifestation nichts Anderes ist, als Muskelbewegung, dass also auch alle Gesangsübung und Gesangsproduktion eine sogenannte Gymnastik der bei den Stimmphänomenen interessirten Muskeln darstellt. Jedes nur denkbare Stimmphänomen, jede, auch die feinste Nüance im Vortrag, Alles, was zum sogenannten Ausdruck, Gefühl, Pathos u. s. w. des Gesanges gehört, wird durch Muskelbewegung, welche angelernt, angeübt werden muss, ausgeführt. Aber die Muskeln dürfen nicht die Herren beim Gesange spielen wollen, sondern müssen die Diener des künstlerischen Willens sein, und diesem bis ins kleinste Detail folgen. Da nun aber der Geist auch beim besten Willen nichts ausrichten kann, wenn das Fleisch (die Muskeln) schwach ist, so liegt auf der Hand, dass kein Sänger geboren wird, auch wenn er den regsten und reichsten Geist mitbringt, sondern dass er erzogen werden muss. Dieses Erziehen bezieht sich aber in letzter Instanz immer auf das, was bei der Manifestirung der Kunst ma-

teriell thätig ist, also auf die Muskeln des gesammten Stimmapparats, welche dem Geist, dem Willen, dem Gefühl Ausdruck zu geben berufen sind.

Da wir nun die Muskeln des gesammten Stimmapparats und ihre Bewegungsmechanik genau kennen gelernt haben, können wir auch wissen, durch welche Bewegungs-Kombinationen und Modifikationen die verschiedenen Stimmphänomene, Gesangsnüancen u. s. w. ausgeführt werden; wir können aber auch wissen und angeben, was sich überhaupt mittels des zu seiner höchsten Vollendung ausgebildeten Stimmapparats ausführen lässt. In dieser Hinsicht haben wir einige gegen diese feststehenden Erfahrungen verstossenden Irrthümer mancher Sänger und Komponisten aufzudecken und zu rügen. Ich meine die Vortragsmanieren. „Der Ton, sagt Bernacchi*) sehr richtig, ist des Sängers Ein und Alles, das einzige Mittel, das ihm zu Gebote steht, die Herzen zu rühren.“ Wir müssen hier freilich zuvörderst das Gebiet des Sängers von dem des Mimen, Schauspielers oder dramatischen Sängers genau abgrenzen. Letzterem stehen zur Erreichung seines Kunstzweckes ausser dem Tone noch andere, zunächst auf das Auge wirkende Mittel zu Gebote. Aber der Sänger, der seine Kunstleistungen nicht zur Schau, sondern zu Gehör zu bringen berufen ist, darf durchaus nicht in das Gebiet des Schauspielers übergreifen, muss sich also alles Beiwerks enthalten, das nur gesehen werden kann, aber mit den Tönen seiner Kehle nichts zu thun hat, im Gegentheil den Eindruck derselben in der Regel nur stört. Es ist immer ein Zeichen von Unbeholfenheit und mangelhafter Ausbildung, wenn ein Sänger mit andern Theilen seines Körpers den Bewegungen seiner Stimmorgane nachhelfen zu müssen, oder die Unbehülflichkeit seines Stimmorgans durch dergleichen heterogene Bewegungen gut machen oder dem Ohre des Hörers entziehen zu können glaubt. Der Sänger muss die volle Wirkung auf den Zuhörer machen auch dann, wenn dieser blind, oder er selbst durch einen Vorhang dessen Augen entzogen ist. In der That übt erst dann der Gesang des Menschen seine reine, volle, wahrhaft beseelende und erhebende Wirkung aus, wie der Gesang der sixtinischen Kapelle, wo die Zuhörer von den Sängern nichts sehen können, am schlagendsten darthut.

Die Fehler, die ich meine, treffen aber auch den Komponisten, insofern er etwas intendirt, was ausser der Sphäre der Produktibilität mittels menschlicher Töne liegt. Man nehme nur die gegenwärtig geläufigen Vortragsbezeichnungen her. Da finden wir z. B. vorgezeichnet: Amabile, innocente, mit Güte, vertraulich; fiero, fastuoso, übermüthig, furioso, rigoroso, religioso, devotamente, con smania u. s. w., und zwar nicht nur in Liedern und Arien für Eine Stimme, sondern auch in mehrstimmigen Gesangstücken, auch nicht nur von Anfängern in der Musikwissenschaft, sondern auch von solchen Komponisten, die sonst als Meister ihrer Kunst zu gelten pflegen. Wenn wir uns aber nicht absichtlichen Täuschungen hingeben, und unbefangen und unparteiisch das, was auf Rechnung des rein musikalen und des rhetorischen Ausdrucks zu bringen ist, von dem rein melismatischen oder kantatorischen Ausdrucke, von dem durch den reinen Gesangston Erreichbaren trennen, so werden wir finden, dass allerdings ein nach den In-

*) Das System der grossen Gesangschule des Bernacchi von Bologna, dargestellt von H. F. Mannstein. Dresden und Leizig. S. 7.

tentionen des Dichters und Komponisten vorgetragenes Gesangstück auf den Zuhörer den Eindruck irgend einer der oben bezeichneten Gefühle, Affekte und moralischen Zustände machen kann, dass aber dieser Eindruck das Resultat nicht nur des zufälligen Vortrags des Sängers ist, sondern aller der musikalen von der Komposition gegebenen Momente, die auf sein Ohr und seine Seele einwirken. Diese Wirkung muss aber der Komponist beim Aufschreiben seiner Musik nicht als eine nothwendige voraussetzen und sie durch seine Vortragszeigen provociren wollen, sondern er muss sie vom kunstverständigen Vortrage des Sängers und nach Umständen des oder der begleitenden Instrumentalisten abwarten. Er macht sich lächerlich, wenn seine Komposition der Art war, dass sie auch bei der besten Ausführung doch auf den Zuhörer einen Eindruck macht, der von dem von ihm oktroyrten sehr weit verschieden ist.

Dem Sänger kann man keine Leidenschaft, keine besondere Seelenstimmung u. s. w. vorschreiben. Soll er seine Aufgabe als Künstler lösen, so muss er eben frei von aller Leidenschaft dastehen und singen. Ist er aber ein wahrer Künstler, hat er bei genügenden natürlichen Anlagen gelernt, was zu seiner Kunst gehört, so ist er auch Meister über seine Mittel zur Kunst, und versteht dieselben so zu verwenden, dass er Alles mit seiner Stimme darstellen kann, was sich mit ihr darstellen lässt. Er kennt dann aber auch die Grenzen, die Beschränktheit seiner Mittel, und diese Erkenntniss macht ihn bescheiden, so dass er sich nicht selbst überhebt, sondern den Erfolg in Ruhe und Demuth abwartet. Er weiss und hat es an sich selbst erfahren, dass er nur durch seinen Ton und sonst durch nichts Anderes auf den Hörer mit dem Erfolg einwirken kann, der seiner Kunst verheissen ist: darum wird er auch den Gebrauch aller unlautern und unedeln Nebenmittel verschmähen, welche der Stümper anzuwenden pflegt, um sich den ephemeren Beifall der urtheilsunfähigen Menge zu erschwindeln. Aber innerhalb der scheinbar beschränkten Sphäre, in welcher er sich zu bewegen hat, wird er doch einen Wirkungskreis finden, der immer mannichfaltiger, unerschöpflicher und ergiebiger sich aufschliesst, je mehr er bemüht ist, die ihm zu Gebote stehenden Mittel zu entwickeln und zu verwerthen. Was aus seinem Munde auf das Gehörorgan des Zuhörers überströmt, ist an sich zwar weiter nichts, als gemeine atmosphärische Luft, die auf gewisse Weise in Schwingungen versetzt worden ist: aber die Art und Weise, wie dies geschehen soll, bestimmt er vermöge der Bewegungen seiner Stimmmuskeln und kraft seines künstlerisch geleiteten Willens ebenso, wie der Maler die an sich todten Farbenpigmente zu einem künstlerischen Ganzen auf der Leinwand vereinigt.

Filar il tuono, das Fortspinnen, Ausziehen des Tones, d. h. des tönenden Luftstroms, und zwar eines Tonmaterials von gleichartiger Mischung und Abrundung, von bestimmter, beabsichtigter Stärke und Umfang, ist vom Drahtziehen entlehnt, so dass die exspirative Luftsäule das auszuziehende Metall, die Glottis die Letzteres zum Draht verjüngende und dessen Dicke bestimmende Oeffnung darstellt. So wie nun der Draht, wenn diese Oeffnung schlecht gebohrt ist, und jeden Augenblick ihr Lumen veränderte, wenn sie bald enger, bald weiter würde, eine sehr ungleiche, z. B. perlenschnurartige Gestalt annehmen, also die Beschaffenheit eines glatten, gleichmässigen Drahtes verlieren würde, so fällt auch der Ton uneben, ungleich, höckerig aus, wenn die Glottis ungleiche, unebene Wände hat und sich

deren Weite oder Exkursionsamplitude während der Tonbildung in unregelmässiger Sukcession ändert. Die dabei wesentlich betheiligten Organe sind ausser den eine gleichbleibende Spannung der exspirativen Luftsäule unterhaltenden Brust- und Bauchmuskeln die Einstellungsmuskeln der Glottis, um die Länge derselben auf gleichem Maass zu erhalten, und der M. vocalis, um durch seine nachhelfende sphinkterische Aktion die Quantität der ausströmenden Luft in jedem Moment zu rektificiren. Die wichtigste Abweichung vom *Filar* ist das Tremolo: wir werden zu Ende dieses Kapitels darüber des Weiteren sprechen.

Metter la voce, das Geben oder Ausströmenlassen der Stimme, unterscheidet sich vom *Filar* nur dadurch, dass die beim Toneinsatz vollkommen geschlossene Glottis durch allmälige Zunahme der Luftspannung, bei Nachlass der sphinkterischen Kontraktion des M. vocalis und gleichzeitiger Mehrverkürzung der Herabzieher des Kehlkopfs sich während des Tonphänomens immer weiter öffnet, die Stimmbänder immer breitere Schwingungen machen; sodann aber nach Erreichung des angestrebten Maximum's der Tongrösse und Stärke bei nachlassender Lufttension die sphinkterische Kontraktion wieder ebenso allmälig zu und so die Glottisweite abnimmt, wobei der Kehlkopf wieder durch Mehrverkürzung der Hebemuskeln aufwärts steigt und endlich sogar höher zu stehen kommt, als anfangs. Bei Brusttönen gehört caeteris paribus mehr Luftdruck zur Erreichung einer Messa di voce, als beim Falset, weil die Längenspannung des M. vocalis der seitlichen Austreibung desselben im Wege steht. — Manche machen übrigens zwischen *Filar* und *Metter* keinen Unterschied, dann nennen sie unser *Metter* zum Unterschied vom *Filar*, das sie einfach *Metter* nennen, *Messa di voce crescente.*

Portar la voce, Portamento, Tragen der Stimme, nämlich von einem Tone zum andern, ist eigentlich Nichts, als ein *Filar* auf mehrere Töne von verschiedener Schwingungszahl ausgedehnt, gleichsam ein *Affilar*, ein Aneinanderhängen der Töne, sowohl in stufen- als in sprungweiser Fortschreitung, mag dabei ein Crescendo oder Decrescendo stattfinden oder nicht. Dabei werden jedoch die einzelnen Töne nicht stückweise aneinander gereiht, sondern gebunden oder mit einander verbunden, zu einem Continuum verschmolzen*), was in der Kunstsprache sonst auch durch Legare, Legato, Schleifen, ausgedrückt wird. Das heisst: beim Uebergang von einem Ton zum andern bleibt die Glottis geöffnet, es findet kein Abschneiden des Luftstroms des einen Tons von dem des andern durch einen Glottisschluss statt, die sphinkterische Kontraktion des M. vocalis ist eine gehaltene, dem Seitendruck der Luftsäule proportionale, ihn nicht überwindende. Das Gegentheil davon ist Staccare, Staccato, Stossen, wo zwischen je zwei Tönen die Glottis auf ein Moment mehr oder weniger fest geschlossen wird. — Das Strascinar, Strascino, ziehen oder Schleppen der Stimme, unterscheidet sich nach Agricola (bei Tosi S 128) vom Schleifen hauptsächlich durch seine Langsamkeit, und dass man zuweilen, wenn man von einem Tone zum andern geht, die Stimme gleichsam unvermerkt

*) „Die Stimme tragen (*portar la voce*) heisst, mit beständigem, an Stärke zu und abnehmenden Aushalten, ohne Aufhören und Absetzen, eine Note an die andere schleifen.“ Agricola bei Tosi a. a. O. S. 220. — Per questo portamento non s'intende altro, che un passare, legando la voce, da una nota all' altra con perfetta proporzione ed unione, tanto nel salire, che nel discendere. Mancini Pensieri e riflessioni sopra il canto figorato. Art. VIII.

und nach und nach immer so lange höher oder (wie in der Regel) tiefer werden lässt, bis man den höher oder tiefer liegenden Ton, in den man gehen will, erreicht hat. Ein gut ausgeführtes Strascino soll nach Tosi (S. 233) wesentlich zur Verzierung des Gesanges beitragen. Noch gehört hierher das Cercar il tuono, ein Mittel, ein weiteres Intervall dadurch, dass man einen oder mehrere harmonische Zwischentöne leicht berührt, auszufüllen und dabei auch den Grenzton leichter und sicherer zu treffen.

Ueber das Wesen des Portar oder Portamento der Töne und dessen Verhältniss zum Legato, Strascino und Cercar il tuono sind die Gesangstheoretiker immer noch getheilter Meinung. Nehrlich zieht in dieser Hinsicht besonders gegen Marx zu Felde, dem er geradezu Unkenntniss der ganzen Sache vorwirft. Wenn jedoch dem verdienstvollen Marx hier etwas vorzuwerfen ist, so ist es, dass er dem Begriff Portament nach Mancini's, Tosi's, Hiller's u. A. Vorgang eine grössere Ausdehnung gegeben hat, als Nehrlich, der seine Weisheit zunächst aus Bernacchi's Singschule geholt zu haben scheint, und dessen nach sehr einseitiger Anschauung konstruirte Definition vor dem Forum der Wissenschaft noch weniger Stich hält. Marx nennt jede Verbindung zweier Töne Portament; er betrachtet also letzteres als ein Legato im engern Sinne. Diese ohne Verwischung oder Vermischung, aber auch ohne Trennung beider Töne zu bewirkende Verbindung kann entweder so erfolgen, dass nach dem ersten Tone die Stimmwerkzeuge unmittelbar [?] in die für den 2. Ton nöthige Haltung übertreten (Tonverbindung), oder so, dass die zwischen beiden Tönen liegenden kleinern Abstufungen (oder einige derselben) leicht und oberflächlich mit berührt werden (Zusammenziehung der Töne). Nehrlich dagegen kennt bloss Ein Portament, welches das wahre sein soll, nämlich eine in Ton und Sprache wechselseitige [?] innige Verbindung zweier Töne, von denen jeder seine besondere Silbe als Text hat. Es werde dadurch hervorgebracht, dass mit Beibehaltung des Vokals der ersten Silbe eine Vorausnahme des Tons der 2. Silbe stattfindet, die aber so schnell erfolgen muss, dass der vorausgenommene Ton auch nicht das Geringste [?] von seinem Zeitwerthe verlieren darf und im selbigen Augenblicke nach der Anticipation des Tons der Vokal der ersten Silbe schnell verschwindet und die 2. Silbe dafür eintreten lässt. Keine der beiden Noten, zwischen welchen das Portament ausgeführt wird, darf in ihrem Zeitwerthe beeinträchtigt sein. [Demnach wäre das Portament etwas Zeitloses, also gar Nichts.] Wird das Portament schwerfällig ausgeführt, so dass man statt der Anticipation des 2. Tones ein verwischtes Durchziehen der dazwischen liegenden Töne in den kleinsten Zeitintervallen bemerkt, so bezeichnen die Italiäner tadelnd diesen Fehler mit Strascinare la voce. Wer den Uebergang nicht in einer Note von möglichst kürzestem Zeitwerth [also doch Zeitwerth, aber vorhin hiess es ganz anders!], sondern langsam, etwa auf $1/8$ oder $1/4$ Note ausführt, wird durch sein Portament nur eine höchst unangenehme Wirkung hervorbringen. [Tosi jedoch hat andere Begriffe davon.] Eine 2. Art der Tonverbindung [also wohl ein falsches Portament?] wird dadurch zu Stande gebracht, dass man die grössern oder geringern Intervalle, also 2 Töne auf verschiedenen Tonstufen, durch einen einzigen Vokal für beide Töne zusammenschmilzt. Die 2. Art des Marx'schen Portaments betrachtet Nehrlich als identisch mit dem Cercar il tuono oder dem Durchziehen der Töne. — Wir finden in dieser Nehrlich'schen Darstellung ein Gemisch von Auktoritätenglauben, der das Zeugniss der eignen Sinne unsicher macht, von einseitiger Auffassung, die Wesentliches übersieht, und Mangel an wissenschaftlichem Verständniss, bei welchem freilich eine sichere Definition nicht aufkommen kann.

Die physiologische Definition des *Portar la voce* sammt den erwähnten Varietäten desselben dürfte sich etwa folgendermaassen geben lassen. Die Stimme, d. h. der in der Glottis zum Tönen gebrachte Luftstrom, so *filato*, wie er gerade im Augenblick ist, wird getragen oder bewegt von einem Tone oder einer Note zur andern, bei welchem Tropus die einzelnen vom Sänger zu bildenden Töne als ebenso viele vorgesteckte Zielpunkte oder Stationen gedacht werden, die die Stimme durch die ihr vom Sänger gegebene Bewegung sukcessiv zu erreichen und zu durchlaufen habe. Hierzu ist natürlich das *Metter* ebenso wie das *Filar della voce* erforderlich, ohne wel-

ches das *Portar* nicht füglich bestehen kann. Jene Bewegung von einer Tonstufe zur andern wurde von den Alten zum Unterschied von *Metter*, welches sich auf die exspirative Fortbewegung der durch die stehenden Schwingungen der Glottiszone gebildeten Tonwellen bezieht, nicht ohne eine gewisse physiologische Ahnung *Portamento* genannt, um dadurch anzudeuten, dass der Standpunkt der stehenden Schwingungen der Glottis für die verschiedenen Tonstufen ein verschiedener sei. Vielleicht wäre der Ausdruck *Declinar* gewählt worden, wenn das Wort nicht bereits zu einem andern Zweck von den Grammatikern in Anspruch genommen worden wäre. Jede eine Veränderung des Standpunkts bezweckende Bewegung erfordert aber eine gewisse Zeit, und zwar eine um so längere, je grösser der Abstand des neuen Standpunkts vom alten, je ausgiebiger also die zur Erreichung des neuen Standpunkts (Tonstufe) erforderliche Bewegung ist. Diese Bewegung wird in unserem Falle durch kontraktive Verkürzung der einen (die Glottis verlängernden oder verengernden) oder der andern (dieselbe verkürzenden oder erweiternden) Muskelgruppe bewirkt, welche wiederum je nach dem Register und selbst nach dem Timbre eine grössere oder geringere sein muss. Beträgt der Abstand des einen Tones vom andern nur 1 Stufe, und bleibt das Timbre dasselbe, so lässt sich bei nur mässiger Geschicklichkeit des Sängers der Uebergang so bewirken, dass der Schritt dem Ohre keinen Eindruck eines merklichen Verweilens auf den zwischen beiden Stufen liegenden Schwingungsverhältnissen macht; beträgt er mehrere Stufen, so findet zwischen beiden Tönen, d. h. Luftstromabtheilungen, eine dem Ohre auch bei der raschesten Bewegung der Stimmmuskeln nicht ganz entgehende **Umbiegung** jener Schwingungsabtheilung zur entfernteren statt, die wir uns etwa durch Fig. 171 versinnlichen können. Auf dieser Figur bedeuten die Intervalle der Horizontallinien, wie in jedem andern Notensystem, die Tonstufen, mithin geben sie auch die Weite der zur Durchschreitung derselben erforderlichen Muskelbewegungen an; die durch die senkrechten Linien begrenzenden Abstände geben die zur Haltung des fertigen oder erreichten Tones sowohl, als auch die zum Uebergange von dem einen zum andern verwendete Zeit an. Die Kurve stellt den tönenden Luftstrom in seinen verschiedenen Schwingungszahlenverhältnissen und Bewegungen durch dieselben vor. Während dieselbe auf den Aufsteigungen 1 und 3 und auf den Absteigungen 2 und 4 wenig von der geraden Richtung abweicht, und daher von oben aus betrachtet fast bis auf einen Punkt verkürzt erscheint, wird sie auf 5, 7 und 9 schon mehr gekrümmt und nimmt von oben aus gesehen in der Richtung von *a* nach *b* eine grössere Strecke (Zeit) ein, auf oder in welcher die in den durchschnittenen Linien liegenden Tonstufen um so merklicher dem Ohre wahrnehmbar werden müssen, je grösser der Abstand von der einen Abweichung von der auf gleicher Schwingungszahl forttönenden Tonstufe bis zur Einlenkung in die neue (z. B. von *c*—*d*, *e*—*f*, *g*—*h*) ausfällt. Letztere Manier entspricht dem, was **Nehrlich** das Strascino nennt; **Tosi** dagegen, der das Strascino, namentlich in absteigender Tonfolge, für eine grosse Schönheit hält, scheint sich den Mechanismus desselben anders vorzustellen: S. s. Schr.

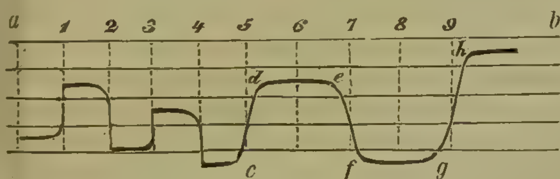


Fig. 171.

S. 233. So lange nun diese Verbindungskurven sich stetig, möglichst senkrecht, ohne erhebliches Verweilen auf den Zwischenstufen, von der einen gewollten Tonstufe zur andern bewegen, gehört das Tonphänomen zum wahren, reinen Portament; sobald aber auf diesem Uebergange die bewegenden Muskeln auf einem oder mehreren Punkten anhalten, um auf den diesen Punkten entsprechenden Tonstufen etwas zu verweilen und deren Schwingungszahl zur Geltung zu bringen, dann entsteht das, was die Alten *Cercar il tuono* nannten, und was sich etwa durch Fig. 172 veranschaulichen lässt.

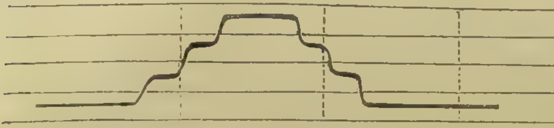


Fig. 172.

Bei allen diesen Bewegungen und Gliederungen des tönenden Luftstroms setzen wir voraus, dass derselbe ein zusammenhängender bleibt, also durch keinen Glottisschluss unterbrochen wird. Betrachten wir aber das, was Bernacchi und Nehrlich das wahre Portament nennen, etwas genauer, so finden wir, dass dasselbe von dieser Norm abweicht. Denn hier wird der reine Tonfluss durch eine neue Artikulation unterbrochen, welche, sobald sie durch eine Litera explosiva bewirkt wird, wie in dem von Nehrlich (S. 173 2. Aufl. 261) angeführtem Beispiele (Ho—lde) sogar einen Glottisschluss nöthig macht, wie wir in der Physiologie der Sprachlaute genauer erkennen werden. Am Ende kommt jedoch eben nicht viel darauf an, ob der neue Ton, nachdem er einmal durch die dazu erforderliche Muskelbewegung erreicht worden ist, mit oder ohne neue Artikulation fortgeführt wird; die Hauptsache beim Portament ist jedenfalls diese Hinbewegung zur beabsichtigten Tonstufe selbst.

Zwischen dem *Filar* und *Legar* einerseits und dem *Staccar* andererseits liegen viele Zwischenstufen, d. h. die Tonverbindung lässt sich bei verschiedenen Graden der Glottisverengerung bewirken. Dies ist am auffälligsten bei den sogenannten Koloraturen des Gesanges, wo es darauf ankommt, möglichst viel Töne mit einem Athem zu bilden. Eine normal gebildete Koloratur nennen die alten Meister Coloratura granita, die gekörnte (geperlte, perlende) Koloratur. Schon aus diesem Beiwort geht hervor, dass der Tonfaden für Unterscheidung der einzelnen Tonstufen wenigstens etwas eingekerbt werden muss, wenn nicht dieselben verwischt werden, in einander fliessen sollen, wenn nicht daraus eine Coloratura alla sapone werden soll. Ueberhaupt ist das Staccato, wenn es gut ausgeführt wird, auf Koloraturen nach Befinden erlaubt und oft sogar nicht zu umgehen, nur muss das *Metter la voce* dabei möglichst gleichmässig und ohne Zwerchfellstoss vor sich gehen; auch darf diese durch angemessene Glottisverengerung zu bewirkende Einschnürung des Tonstrahls nicht bis zur völligen oder fast völligen Schliessung der Glottis anwachsen, sonst wird eine Coloratura alla cavalletta, eine gestossene, meckernde Koloratur daraus. Ebenso darf aber auch, wenn die Coloratura eine staccata werden soll und (wie gewöhnlich) auf dem Vokal A liegt, der Tonstrahl nicht durch eine Verengung des Atrium oris posticum, durch Rück- und Aufwärtsziehen des hintern Zungentheils eingeengt werden, sonst wird ein Sgagateata, ein Gackern daraus, und anstatt eines öfters wiederholten gestossenen A hört man ein widerholtes ha oder ga . . . Dieser Fehler kommt bei Timbre clair, weil dabei der Kehlkopf hoch steht, leichter und häufiger vor,

als bei Timbre obscur. — Bei der sogenannten Coloratura vocalisata bleiben die Vokale nicht rein, und gehört dieser Fehler in die Lehre von den Artikulationen oder Sprachlauten.

Der Triller (Trillo) ist die einfachste, aber wegen des raschen Wechsels auf zwei neben einander liegenden, leicht zu überstolpernden oder zu verfehlenden Tonstufen gerade die am schwersten auszuführende Tonalternirung. Die Organe, welche dieselbe auszuführen haben, sind lediglich die Kehlkopfmuskeln, zunächst die an der Linea obliqua sich inserirenden, weniger der M. vocalis, dessen Verhältnisse bei dem Ton-Fort- und Rückschritte sich nicht wesentlich ändern, der exspirative Luftstrom muss ganz gleichmässig gegeben werden, ohne Zwerchfellstoss. Allerdings muss auch, wie wir früher gezeigt haben, ein trillerähnliches Phänomen entstehen, wenn der Luftdruck für den höhern Ton gesteigert, für den tiefern abgeschwächt wird, ohne das dabei jene Kehlkopfmuskeln in ihren gegenseitigen Spannungsverhältnissen abgeändert zu werden brauchen, aber dieser Triller ist nicht schön und gleichförmig, sondern erinnert vielmehr an gewisse thierische Tonphänomene, weshalb er auch den Namen Bockstriller erhalten hat. Im Munde oder am Gaumen lässt sich kein etwas Trillerartiges bezweckender Vorgang erzeugen, wenngleich Tosi (a. a. O. S. 105) dies behauptet.

Von den funktionellen Fehlern des Gesanges heben wir noch das Detoniren und das Tremuliren hervor.

Das Detoniren oder unbewusste Abweichen von der richtigen Schwingungszahl eines einzusetzenden oder auszuhaltenden Tones ist entweder ein auktives oder diminutives, ein Höhereinsetzen, Höherziehen, oder ein Tiefereinsetzen, Tieferziehen des Tones. Das Detoniren unterscheidet sich vom falschen Treffen des Tones, das nur auf einem Fehler des musikalen Gehörs oder Gedächtnisses hinsichtlich der Wiedergebung des beabsichtigten Intervalls beruht, demnach ins Gebiet der technischen oder grammatischen Gesangsfehler gehört. Das unbewusste Höherziehen oder Höhereinsetzen eines Tones beruht in der Regel auf einer gewissen Abnormität der Empfänglichkeit des Gehörnerven für die numerischen Schalleindrücke, und gehört daher mehr ins Gebiet der Physio-Pathologie des Gehörorgans, als in die Anthropophonik. Das unbewusste und sonst unverschuldete Tieferziehen eines verhältnissmässig hoch liegenden Tones dagegen beruht zumeist auf einer Ermüdung oder Erweichung (s. S 667) der Stimmmuskeln, in welchem Zustande der Elasticitätsmodulus derselben nicht mehr hinreicht, um bei gleichweiter Verkürzung so viel Last zu bewältigen, als anfangs, so dass also auch die die Stimmbänder in die Länge spannenden Muskeln nicht mehr dem Willensimpulse in gleicher Ausdehnung Folge leisten können, als sie es bei frischen Kräften im Stande waren. Aus diesem Grunde vermag auch ein mit einem nicht sehr robusten Organ versehener Sänger zu Anfange seiner Singeübung höhere Noten zu erreichen, als zu Ende, wenn er schon ermüdet ist.

Wenn ein *a capella* singender Chor nach einiger Zeit um $1/_2$ — 1 Tonstufe heruntergezogen hat, so liegt die Schuld nicht an einer gewissen Stimme, z. B. am Sopran oder am Bass, sondern daran, dass die Mehrzahl der Sänger die von der Mitte ihrer Stimmlage an aufsteigenden Schritte aus einer gewissen natürlichen, durch Schärfung des musikalen Gehörs und wiederholte Kunstübung noch nicht abgelegten Trägheit etwas zu klein machen, um nicht zu ermüden, während im Abmessen der abwärts gehenden Schritte

im Allgemeinen weniger gefehlt wird, höchstens vom Alt und Bass auf den unter ihrem phonischen Nullpunkt liegenden Tonstufen. Sobald dagegen die Stimmführer und Tonangeber des Chors ihrer Sache sicher und mit durchdringenden Stimmen begabt sind, und das Chor überhaupt gut eingesungen ist, da ist ein Herabziehen weniger zu befürchten. Am meisten ziehen Dilettanten herunter, die etwa nur aller 8 oder 14 Tage einmal ein Bischen singen.

Tremuliren, Tremolo, Zittern oder Beben der Stimme. Ueber diese Stimmmodifikation habe ich in den Gesangsschulen auch nicht das Geringste gefunden, was einer physiologischen Definition ähnlich sähe *). Freilich darf uns dies nicht Wunder nehmen, da sich überhaupt noch kein Physiolog an eine genauere Untersuchung des Mechanismus und der Ursachen des Zitterns angeschickt hat. Je mehr aber in der jetzigen Zeit das unfreiwillige Tremuliren als Gesangsfehler überhand nimmt, je seltener gegenwärtig Sänger zu finden sind, die das Tremolo als Kunstmittel wirklich in ihrer Gewalt haben (denn in der Regel ist es umgekehrt: das Tremolo hat den Sänger in seiner Gewalt!), um so mehr dürfte ein Versuch, dem Wesen dieses verdächtigen und ominösen Stimmphänomens auf die Spur zu kommen, gerechtfertigt und vielleicht Manchem willkommen sein.

Das Zittern kommt zunächst an Theilen des Körpers vor, die mittels komponirender Muskelkräfte in einer frei schwebenden Lage oder Stellung unverrückt oder fest gehalten werden sollen, mögen sie dabei noch einer bestimmten Funktion vorzustehen, z. B. etwas zu halten oder zu tragen haben, oder nicht. Im Schlafe, wo alle Glieder dem Gesetz der Trägheit anheimfallen, fehlt es. Am häufigsten beobachten wir es am ausgestreckten Arme, besonders an den vom Haupthypomochlion am weitesten abstehenden Fingern, ferner am ganzen Kopfe, wo es jedoch mehr in einem Schwanken besteht, am Unterkiefer, an der ausgestreckten Zunge, an den untern Extremitäten, und zwar hier schon im physiologischen Zustande an den Knieen, wenn beim Sitzen die Ferse über die Ruhelage hinaus gehoben und das ganze Glied nur auf die Zehenballen gestützt wird. Der Mechanismus des rhythmischen Zitterns besteht im Allgemeinen darin, dass die durch die vom Willen intendirte Spannung der beiderseitigen Antagonisten entstandene ruhige Lage des Glieds momentan und in kurzen Sukcessionen wiederholt aufgehoben wird, oder gar nicht zu Stande kommt. Das Zittern ist eine Art Wellenbewegung oder vielmehr Pendelschwingung des betroffenen Glie-

*) Tosi sagt (S. 121): Die Bebung auf einem und demselben Tone (die man auf Bogeninstrumenten durch das Hin- und Herwanken eines Fingers, dessen Spitze aber auf dem gegebenen Tone [Tonstelle] liegen bleibt, und die den Ton weder höher noch tiefer, sondern nur etwas schwebend [?] macht) ist auch eine Manier, die im Singen, besonders auf Haltung langer Noten, zumal gegen das Ende derselben angebracht, gute Wirkung thut. Es ist nicht möglich, sie durch Noten eigentlich auszudrücken, leichter kann sie aus mündlicher Unterweisung begriffen werden. Doch sind nicht alle Hälse zu Ausführung derselben geschickt. — Nehrlich (S. 234 [319]): Das (absichtliche, künstlerische) Tremolo besteht darin, dass man einen Ton mit Sicherheit ergreift, ihn hinsichtlich der Vermehrung seiner Schallwellen [!] immer mehr antreibt, und so mit allem Klange der Stimme eine Stärke giebt, deren ein edelgebildeter Ton nur fähig ist. Schon bei dem Antreiben wird durch das zu schnelle Wachsen und Drängen der Schallwellen ein Vibriren oder Erzittern des Tons eintreten, welches allmälig zum höchsten forte sich steigert, und von da zum piano zurück mit den abnehmenden Schwingungen des Tons wieder schwächer wird etc. — Marx, Mannstein u. A. haben gar keinen Versuch einer Definiton gemacht.

des, bei welcher der Aufhängepunkt des Pendels in dem fixirten Endstück des Theils, welcher zunächst in diese Bewegung geräth, liegt; beim Kniezittern z. B. liegt dieser Punkt im Ballen der grossen Zehe, um welchen sich der in der Luft schwebende Fuss bei seiner Auf- und Niederschwingung nach Art eines Pendels dreht, und zwar so, dass der an der Ferse befestigte Unterschenkel dieser Bewegung folgt, und durch diesen (Verbindungsstab) das Knie sammt Oberschenkel in eine ähnliche Pendelbewegung, deren Aufhängepunkt im Hüftgelenk liegt, versetzt wird. Der Anfang der Zitterbewegung, das erste Moment derselben, wird von dem Muskel oder der Muskelgruppe vermittelt, welche bei der beabsichtigten Haltung oder Fixirung des Glieds am meisten in Anspruch genommen wird, und welche wir die positive Muskelseite nennen wollen, z. B. beim Zittern des Knies der M. gastrocnemius und die Hebemuskeln des Oberschenkels dadurch, dass diese in ihrer aktiven Kontraktion plötzlich ein wenig nachlassen, wodurch der gehaltene Theil, hier also die Ferse und das Knie, durch Freigeben der Muskelwirkung der negativen Seite eine f a l l e n d e Bewegung, eine Bewegung zur Ruhe macht, die jedoch im zweiten Moment durch die Kontraktioa des positiven Muskelsystems wieder aufgehoben oder rückgängig gemacht wird. Bei diesem Rückgange weicht das Glied ebenso weit nach oben von seiner anfänglichen Lage ab, als es im 1. Moment nach unten bewegt wurde. Bei andern Körpertheilen, die eine freiere Bewegung zulassen, als die in Scharniergelenken sich bewegenden Theile der untern Extremität, z. B. an den Fingern, am Kopfe, an der Zunge u. s. w. gehen die Zitterbewegungen in gemischten Richtungen und können daher auch keinen so gleichförmigen Rhythmus halten, wie die des Knies. Eine andere Form des Zitterns kommt dadurch zu Stande, dass die Wiederausdehnung eines verkürzten Muskels, namentlich, wenn dadurch ein freigehaltenes Glied des Körpers zu seiner Ruhelage allmällig zurückgeführt werden soll, nicht in kontinuirlichem Flusse (wenn dieser Ausdruck hier erlaubt ist) vor sich geht, sondern in kleinen, getrennten Rucken, und zwar so, dass nach jedem abwärts gehenden Ruck das Glied wieder ein wenig in die Höhe oscillirt, ohne jedoch dabei so hoch zu kommen, wie beim vorhergehenden Moment.

Das Zittern als mechanischer Vorgang beruht entweder auf einer absichtlichen Entziehung oder auf einem unfreiwilligen Mangel des Willenseinflusses auf die betheiligten Muskelnerven, und lässt sich vielleicht auch bezeichnen als eine rhythmische Unterbrechung des Einströmens des Nervenfluidums in diese Nerven, dessen Quelle sowohl, als auch die dieselbe hemmende Ursache ihren Sitz in den Centraltheilen des Nervensystems hat. Wo das Zittern unfreiwillig auftritt, also etwas Krankhaftes darstellt, da sind entweder die betroffenen Muskeln in der Regel durch irgend eine Ursache reizbarer geworden, oder die Quelle des Nervenfluidums fliesst sparsamer, nicht mehr in ununterbrochenem, gleichförmigen Strome. Vergl. Stark allgemeine Patholgie S. 1217.

Auch das Tremolo der menschlichen Stimme, obwohl es weniger sichtbar, als vielmehr hörbar zur Wahrnehmung kommt, beruht auf einer abnormen Muskelthätigkeit, die zwar, wie bei jeder andern Zitterbewegung, in kleinen alternirenden Kontraktionen und Relaxationen besteht, im Uebrigen aber ihren mechanischen Verhältnissen nach sehr von jedem andern Zittern abweicht. Das, was beim Tremolo in Folge eines primären Muskelzitterns in hörbare Vibrationen oder rhythmisch abwechselnde Zu- und Ab-

nahme versetzt wird, ist der tönende Luftstrom der Glottis, es sind daher die dem Tremolo angehörigen Schwingungen wohl von den stehenden Schwingungen der Stimmbänder zu unterscheiden, welche den Ton bilden. Durch das Tremolo wird die Schwingungszahl des Tones, also die Sukcession der stehenden Bänderschwingungen nicht oder sehr wenig abgeändert; eben so wenig ändert sich die Schwingungszahl des Tremolo selbst für ein gewisses Zeitmoment, z. B. für eine Sekunde, mit der des Tones; sie bleibt sowohl auf hohen, als auch auf tiefen Tönen sich so ziemlich gleich. Nach meinen, zunächst an meinem eignen Stimmorgan vorgenommenen Messungen kommen bei Männern etwa 8 — 10 Schwingungen oder Stösse auf 1 Sekunde, bei Frauen (Sopranisten) dagegen etwa 12 — 18; es richtet sich also die Schwingungszahl des Tremolo jedenfalls nach den Dimensionen des Kehlkopfs, zunächst der Stimmbänder, und steht mit denselben in umgekehrtem Verhältniss. Dagegen steht die Vibrationsamplitude der Tremolo-Wellen in gleichem Verhältniss zu der der Tonschwingungen, denn wenn der Ton stark und voll gegeben wird, und dabei ins Tremuliren geräth, da ist dasselbe auffälliger, als auf schwächern Tönen. Hierzu kommt allerdings auch, dass in diesem Falle (bei Forte) die einzelnen Wellen etwas länger dauern, als bei Piano. Das Tremolo lässt sich auch, weil auf einzelnen Einschnitten oder Einengungen des tönenden Stroms beruhend, als eine rhythmisch wiederholte Verkleinerung des Tones bezeichnen, während es der Stärke des Tones keinen Eintrag thut. Es ist ferner verschiedener Grade der Intensität fähig; als höchster Grad des freiwilligen Tremolo lässt sich das sogenannte Meckern bezeichnen, bei welchem die Glottis in ähnlicher rhythmischer Wiederholung vollständig und fest geschlossen und wieder geöffnet wird. Doch ist das Meckern vom wahren Tremolo zu unterscheiden. Ersteres wird durch eine excedirende, letzteres durch eine abgeschwächte Muskelaktion bewirkt. Ferner ist das Meckern nach meinen Beobachtungen nur auf Brusttönen möglich, während das Tremolo beiden Registern angehört. Will man trotzdem auf einem Falsetton zu meckern versuchen, so wird ein nur in langsamerem Tempo mögliches Staccato daraus, wobei sich jeder der Luftsäule ertheilte Tonstoss auf den ganzen exspirativen Windkessel fortpflanzt, und die Bauchwand in eine aufhüpfende Bewegung versetzt wird. Beim Meckern (auf Brusttönen) findet dies Phänomen nicht statt, nur bei dem seinem Mechanismus nach dem Tremolo gleichfalls verwandtem Lachen ist ein solches Aufhüpfen der Bauchwand noch zu beobachten, weil, wie wir wissen (S. 38. 67), dieses phonische Phänomen mittels einer ausgiebigen Kontraktion des Zwerchfells zu Stande kommt. — Vom Triller, der leider von manchem ungeübten Sänger durch ein blosses Tremolo oder Meckern angestrebt wird, unterscheidet sich endlich das Tremolo dadurch, dass die alternirende Muskelkontraktion und Relaxation von den die Länge der Glottis modificirenden Muskeln der Linea obliqua ausgeführt wird.

Suchen wir nun nach dem mechanischen Sitz des Tremolo, so finden wir, wenn wir von unten anfangen, dass sich an dem unterhalb der Glottis liegenden Exspirationsapparate nur wenig von einer der darin eingeschlossenen Luftmasse mitgetheilten Erschütterung wahrnehmen lässt. Die Kontraktion der peripherischen Exspirationsmuskeln geschieht gleichförmig, in ununterbrochenem Flusse, aber das Zwerchfell scheint in einer undulirenden Bewegung begriffen zu sein. Legen wir ferner während des absichtlich

erzeugten Tremolo den Finger auf den Kehlkopf, so nehmen wir mittels desselben eine den Segmenten oder Stössen des Tremolo synchronische Erschütterung des Schild- und Ringknorpels wahr, welche nach vorn und oben gerichtet ist. Beim sehr ausgeprägten Tremolo kann man diese Bewegung sogar sehen. Noch deutlicher wahrnehmbar ist dies beim Meckern. Bei jedem Luftstosse desselben wölbt sich ausserdem die Zwischenkiefergegend nach unten, die Mm. geniohyoidei treten vor, die übrigen sicht- und fühlbaren Muskelbewegungen sind die für den geforderten Ton auch sonst erforderlichen. Die Gaumenplatte steht beim Tremolo auf Vokal A sehr hoch und das Zäpfchen ist stark verkürzt, weniger beim Meckern auf Ae. Ferner ist das Tremolo am besten und schnellsten auf mittlern Tönen auszuführen, wo die Stimmbänder weder zu sehr gespannt, noch zu sehr erschlafft sind. Auf den höchsten Fisteltönen (Kopftönen) ist es (mir wenigstens) nicht möglich, desgleichen auf Strohbasstönen nicht, wahrscheinlich weil hier ohne Aufgabe des specifischen Tones die Glottiswände nicht von einander getrennt werden dürfen. Je höher der Ton, desto schwieriger und langsamer die einzelnen Tremolo-Wellen.

Nach allem Diesen beruht das Tremolo als hörbares Phänomen allerdings auf einer rhythmischen Sukcession von Verengerungen, das Meckern auf einer dergleichen von Verschliessungen der Glottis, welche nicht anders als durch entsprechende Kontraktionen und Relaxationen des hier als Sphinkter oder Schliesser wirkenden M. vocalis zu Stande kommen kann. Aber dieser Vorgang ist nur das eine Stück oder das eine Element des ganzen Tremolo-Mechanismus, das andere ist in dem Antagonisten des Schliessapparats der Glottis zu suchen, welcher, wie wir bereits früher (S. 37 ff.) kennen gelernt haben, kein anderer ist, als das Zwerchfell. Dieser Muskelapparat ist zwar bei der Phonation, so wie bei jeder Exspiration im Allgemeinen in Relaxation begriffen, aber er ist zugleich auch Regulator oder Kompensator der Energien der Fixatoren und der Expulsoren des Exspirationsmuskelsystems, und bestimmt als solcher zum grossen Theile die Tension der im Thorax eingeschlossenen Luftmasse. Sobald seine kontraktive Spannung einen Augenblick nachlässt, erhalten die hypogastrischen Druckmuskeln mehr Spielraum, und schieben die Luft des Unterleib sein Stück weiter in die Brusthöhle hinein, wobei die Flanken sich etwas herab und einwärts senken, das Epigastrium dagegen sich etwas auftreibt; dieser Druck oder Schub pflanzt sich bis zur Glottis fort, welche dadurch für denselben Augenblick etwas erweitert wird, im nächsten Augenblick kehrt das Zwerchfell zu seinem vorigen Spannungsgrad zurück oder es wird vielmehr in seiner Relaxation unterbrochen, die Glottis verengt sich wieder und schiebt die nach dem Gesetz der Trägheit weiter heraus wollende Luft wieder zurück, was mit einem kleinen Stoss an die Flanken und einer kleinen Einsenkung an der epigastrischen Längenfurche verbunden ist, worauf im nächsten Moment derselbe Vorgang von Neuem sich wiederholt. Der wesentliche Vorgang des Tremolo beruht also auf einer angehenden Erschlaffung des Zwerchfells, die durch die gleichzeitige, normal vor sich gehende Kontraktion der übrigen Exspirationsmuskeln fortwährend in rhythmischen Intervallen unterbrochen wird.

B. BILDUNG DER ARTIKULIRTEN ODER SPRACH-LAUTE.

Physiologie des Sprachorgans.

Das Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans lässt sich, wenn wir seine Funktionen, die es als Artikulationsorgan hat, ins Auge fassen, in zwei anatomisch und physiologisch deutlich geschiedene Abtheilungen, in die stabile und in die mobile unterscheiden. Unter der stabilen Abtheilung des Ansatzrohrs verstehe ich den oberhalb des Gaumensegels liegenden Theil des Schlundkopfs und die gesammten Höhlen, welche von dort aus ihre Einmündungen nehmen, also die Nasenhöhlen mit ihren Nebenhöhlen, die Eustachische Röhre und die Trommelhöhle, obwohl zunächst nur die sogenannten Nasenkanäle hier in Betracht kommen, weil diese unmittelbar in die äussern Aperturen des Nasenhöhlensystems, in die sogenannten Nasenlöcher, ausmünden. Diese Abtheilung des Ansatzrohrs ist keiner willkührlichen oder durch Muskelwirkung vermittelten Verengerung oder Erweiterung fähig, indem sie von Knochen begrenzt ist; nur die äussern Mündungen des Nasenkanals, die *Nares*, können etwas erweitert und verengt werden; ausserdem ist hier, wenn in Folge krankhafter Einflüsse (Katarrh u. dergl.) die diese Höhlen auskleidende Schleimhaut anschwillt, eine Verengung oder selbst Abschliessung oder Verschliessung an gewissen Stellen möglich. Die mobile Abtheilung des Ansatzrohrs begreift den unterhalb des Gaumensegels liegenden Theil des Schlundkopfs, den Isthmus faucium und die gesammte Mundhöhle sammt Mandeln, Zunge, Zähnen und Lippen. Diese Abtheilung ist nicht durchgehends mit Knochen umgeben, sondern ihre Wände sind grösstentheils muskulös und daher auf vielfache Weise beweglich. Sogar die beiden Hauptknochen, welche den Sprachorganen als Stütze dienen, die beiden Kiefer, sind gegen einander nach Art eines Winkelhebels beweglich. Diese mobile Abtheilung bildet aus diesem Grunde das eigentliche Sprach- oder Artikulationsorgan, wie wir dasselbe in der anatomischen Abtheilung dieses Werks genauer beschrieben haben. Mittels des zwischen beiden Abtheilungen liegenden oder schwebenden Gaumensegels können beide Abtheilungen des Ansatzrohrs von einander abgesperrt werden, dergestalt, dass die aus dem Kehlkopf strömende Luft entweder bloss durch den Isthmus oris in die Mundhöhle geführt wird, oder, wenn das Gaumensegel sich senkt, und gegen die emporgehobene Zunge sich andrückt, durch den Isthmus faucium in den obern Theil des Fangrohrs und aus diesem in die Nasenkanäle zu streichen genöthigt ist. Zuweilen ist aber die Lage des Gaumensegels eine mittlere, so dass die Luft theils durch den Mund-, theils durch den Nasenkanal streicht.

Im Indifferenzzustande des Sprachorgans, zunächst also während des gewöhnlichen ruhigen Athemholens, wo die animale Muskelthätigkeit überhaupt fehlt, also alle willkührlichen Muskeln so viel als möglich erschlafft sind, hängt das Gaumensegel herab, so dass es den Zungenrücken berührt, und die Luft hinter demselben ungehindert durch die Choanae narium entweichen oder ausströmen kann. Dabei ist die Zunge emporgehoben, so dass sie fast allenthalben das Gaumengewölbe berührt, und ihre Spitze gegen die Zähne angelegt ist. Die ganze Mundhöhle wird also während der normalen Respiration ausgefüllt, natürlich, weil sie überflüssig ist; ebenso, wie alle andern mit Schleimhaut ausgekleideten Kanäle, wenn sie nichts Besseres zu thun haben, sich mit ihren Wänden berühren, sich zusammen legen, um den edeln Weltraum nicht ohne Noth andern Organen oder Organismen wegzunehmen. Der Indifferenzzustand der Zunge also, von welchem bei jeder sprachlichen Bewegung ausgegangen wird, ist, um dies, da es von grosser Wichtigkeit ist, noch einmal zu erwähnen, Gehoben- und Gewölbtsein, keineswegs, wie Andere, z. B. Angermann, zu glauben geneigt sind, Tieflage derselben. Der entgegengesetzte Zustand aber, das andere Extrem, ist: weites Oeffnen des Mundes, Heben und Hinterziehen des Gaumensegels, weites Offenstehen des Isthmus oris, und Tieflage der Zunge auf dem Boden der Mundhöhle. Wir werden weiter unten sehen, dass bei jeder zur Pronuncirung eines Sprachlauts den Organen gegebenen Stellung diese geneigt sind, in den Indifferenz- oder Ruhezustand zurückzukehren.

Es ist lächerlich, aber noch mehr betrübend, zu sehen, in was für Irrthümer in dieser Hinsicht manche Pädagogen, die sich von Amts wegen zu Sprachlautlehrern berufen glauben, aus Mangel an anatomischen Kenntnissen verfallen sind. So hat F. Angermann (s. dessen Lautlehre 2. Aufl. Berlin 1850. S. 14) einmal etwas von einer „Normalmundstellung“ gehört, die von manchen Gesanglehrern ihren Schülern beim Gesange empfohlen wird. Da nun Angermann bei seiner anatomischen Ignoranz zwischen Mund und Mundhöhle (Komplex der Organe, die die Mundhöhle und überhaupt das ganze Sprachorgan bilden) gar keinen Unterschied macht, so geräth er in eine entsetzliche Begriffsverwirrung. Seine „Normalmundstellung“ soll, wie aus S. 14 und 16 erhellt, dem entsprechen, was wir Indifferenzzustand der Organe genannt haben (beiläufig also etwas ganz Anderem, als was die Gesanglehrer darunter verstehen), von welcher die Mundtheile bei Bildung der einzelnen Laute ausgehen, und zu welcher sie nach der Bildung derselben zurückkehren. Diese Mundstellung erhält man, sagt er, wenn man bei ruhig geschlossenem Munde die Mundwinkel ein wenig wie zu einem leichten Lächeln hebt, die Unterkinnlade dann etwas vom Oberkiefer abzieht, die ganze Zunge horizontal flach im Munde hält: die Zungenwurzel bleibt auch bei der Bildung der sämmtlichen Vokale und Konsonanten horizontal flach im Munde liegen, während der Zungenrücken und die Zungenspitze die zur Lautbildung nöthigen Stellungen annehmen u. s. w. — Ich glaube, es genügt am einfachen Referate. —

Die Bewegungen des menschlichen Stimmorgans lassen sich von denen des Sprachorgans nicht in der Art isoliren, wie es an einem ausgeschnittenen Kehlkopf möglich ist. Gleich bei der oberflächlichsten Vergleichung irgend eines auf dem ausgeschnittenen oder noch im ganzen Kadaver befindlichen Kehlkopf erhaltenen Tones mit einem irgend wie im lebenden Stimmorgan erzeugten Tone fällt uns der auffallende Unterschied ins Gehör, dass letzterer Ton ein Laut ist, der sich in den bekannten Sprachelementen vorfindet, ersterer dagegen in keiner Weise den bekannten Sprachlauten verglichen werden kann. Nur wenn man bei geschlossenem Munde im Kehlkopf einen Ton (**M**) erzeugt, lässt sich einigermaassen eine Aehnlichkeit desselben mit den todten Kehlkopftönen erkennen, obwohl der Unterschied immer noch ein ziemlich bedeutender ist.

Die menschliche Stimme ist also in jedem Falle schon Sprache, wenigstens Sprachlaut. Kein Mensch kann, wenn er es nicht absichtlich verhindert oder durch Krankheit daran verhindert wird, mit seinem Stimmorgan einen Ton hervorbringen, der nicht schon eine Art Sprachlaut wäre, der als Mittel zur immateriellen Abbildung des geistig Begriffenen ganz zu verwerfen wäre. Der im Kehlkopf, mittels der Stimmbänder und der zwischen derselben streichenden Luft gebildete Ton, oder, was dasselbe ist, die aus dem Kehlkopf aufsteigende tönende Luftmasse, wird sofort im Ansatzrohr auf irgend eine Art gefasst, begrenzt, eingeengt, reflektirt, beschleunigt, zur Friktion gebracht, mit einem Wort, artikulirt, dergestalt, dass ein Sprachlaut daraus hervorgeht. Folgender einfache Versuch wird diesen Satz bestätigen. Man stelle sich gegen das Licht, und halte in angemessener Entfernung und Richtung einen kleinen Spiegel vor den geöffneten, hinlänglich beleuchteten Mund; beobachte die Lage der die Mundhöhle begrenzenden Organe während der einfachen oder gehauchten (**H**), also tonlosen Exspiration, und gebe nun **A** an, den verhältnissmässig am wenigsten artikulirten menschlichen Laut. Sogleich wird sich der bisher weite Isthmus faucium ein Stück zusammenziehen, und der Zungenrücken etwas nach hinten und oben sich bewegen. Man versuche nun irgend einen andern Ton, und stets wird man neue komplicirtere Muskelaktionen, die sämmtlich auf eine Verengung des Ansatzrohrs hinarbeiten, wahrnehmen. — Ferner: man gebe bei geschlossenem Munde einen Kehlkopfton von beliebiger Höhe an, und öffne dann plötzlich den Mund, während man den Ton forthält. Man wird hier allemal, man mag sich dagegen wehren, wie man will, den Vokal **A** erzeugen, sofern man nicht die zu einem andern Vokal gehörigen specifischen Artikulationen absichtlich einschmuggelt.

So wie also der reine Ton durch Verengung der Stimmritze, so wird jeder durch das Ansatzrohr streichende Ton (und andere sind im Leben nicht möglich) ausserdem mit irgend einer Verengung im Laufe und Bereiche dieses Ansatzrohrs, und zwar des mobilen Theils desselben, begleitet sein müssen. Niemals findet behufs der Artikulation (oder der Sprache, mag es Gefühls- oder Verstandssprache sein) eine über die Norm hinausgehende Erweiterung des Ansatzrohrs statt. Als solche Norm betrachten wir das Ansatzrohr, wie es bei mässig weit geöffnetem Munde bei der Pronuncirung des **H** sich darstellt.

Der Mechanismus der sprachlichen Artikulation besteht im Allgemeinen aus 2 Elementen, Bewegung der Organe nach, und Stillstand oder Festhalten derselben in einer bestimmten Lage. Diese bestimmte Lage der Organe ist allemal eine solche, dass von der Luft beim Durchstreichen durch das Ansatzrohr ein Geräusch gebildet wird, das zuweilen mit dem im Kehlkopf gebildeten Tone zugleich stattfindet. Jede sprachliche Bewegung hat eine Artikulation, bei welcher die Organe einen Moment in der angenommenen Lage verweilen, zum Zwecke; während einer solchen Bewegung tönt der Kehlkopf fort, oder schweigt, eben so nach bewirkter artikulatorischen Stellung der Organe schweigt er, oder tönt ebenfalls fort (bei den Literae liquidae). Denn sowohl der tönende, im Kehlkopf durch die einander hinlänglich genäherten Stimmbänder in stehende Schwingungen versetzte, als auch der nur gehauchte, bei erweiterter Glottis emporgeführte Luftstrom kann im mobilen Ansatzrohr artikulirt werden. Der tönende Luftstrom wird artikulirt zur Bildung aller Vokale (**a**, **ä**, **e**, **i**, **ö**, **o**, **u**, **ü**) und Halbvokale. Halbvokale

(semivocales) nenne ich nämlich nach dem Vorgange mehrerer älterer Grammatiker und Sprachlautlehrer diejenigen sogenannten Konsonanten, bei welchen, wenn laut gesprochen wird, die Stimmbänder tönend mitschwingen: es sind dies wenigstens und nothwendig **L**, **M**, **N**, **Ng**, **R**, **W**. Der nicht tönende, bloss hervorgehauchte Luftstrom wird artikulirt bei allen übrigen Sprachlauten. Diese Artikulirung ist entweder eine partielle, d. h. eine blosse Einengung des Luftstroms im mobilen Ansatzrohr, wobei der entstehende Sprachlaut, eben so wie bei den Vokalen und Halbvokalen, so lange gehalten werden kann, als der Athem reicht: es gehören hierher **ch**, **g**-moll, **f**, **v**, **s**, **sch** *); oder sie ist eine vollständige, eine völlige, temporäre Unterbrechung oder Suspension des Luftstroms im mobilen oder oralen Ansatzrohr: die sogenannten Explosivae **g**-dur, **d**, **b**, welche jedoch noch eine Verstärkung in **k**, **t** und **p**, so wie eine Abschwächung in **gh** (**ch**), **dh** (**th**) und **bh** (**ph**) zulassen.

Diese so eben angeführten Laute umfassen, nebst dem Hauchlaut **H**, so ziemlich alle wesentlichen, mittels des menschlichen Sprachorgans möglichen, zur Sprache tauglichen, physiologischen Elemente. Wenn nun in den gewöhnlichen Alphabeten der verschiedenen todten und lebenden Sprachen mehrere Sprachzeichen sich vorfinden, die im vorstehenden Verzeichnisse vermisst werden, so sind dies entweder binäre Zusammensetzungen oder Zusammenziehungen zweier einfacher Sprachlaute, oder nationelle Modifikationen (gewöhnlich nur Gradationen) einzelner Laute, oder sprachorganische (dialektische) Idiosynkrasieen, die von andern Nationen nicht nachgebildet zu werden brauchen. Wesentlich zu jeder Sprache sind immer nur eine ziemlich beschränkte Anzahl von Sprachlauten; keine Sprache braucht mehr als 23 Sprachzeichen, nebst einem Verstärkungs- und Abschwächungszeichen in ihr Alphabet aufzunehmen. Dieses universelle, natürliche Alphabet würde demnach so sich gestalten, wenn wie die bisher adoptirte, höchst unphysiologische und willkührliche Ordnung und Bezeichnung beibehalten:

a b d ä e f g-moll **ch i g**-dur **l m n ng o ö r s sch u ü v w.**

Für **g**-dur und moll, **ch** und **ng** werden einfachere Zeichen später vorgeschlagen werden.

Verstärkungszeichen, wie sie die russische Sprache besitzt, als Explosivhauch (**h**): ‛ vor Vokalen, ’ nach den Explosiven **g**-dur, **d**, **b**, woraus dann **k**, **t**, **p** entstünde.

Abschwächungszeichen: ein Strich über dieselben $\bar{g}$ $\bar{d}$ $\bar{b}$, woraus **gh** (**ch**), **th**, **ph** entständen. — Oder wir nehmen die Russischen **Ъ** (macht hart) **Ь** (macht weich).

Es fragt sich aber, ob dieses natürliche Alphabet, obwohl es so ziemlich alle einfachen, physiologisch möglichen **) Sprachlaute begreift, sich zu

*) Allerdings lassen sich auch diese Sprachlaute, wenn man seine Glottis dazu nöthigt, mit gleichzeitigen Schwingungen der Stimmbänder intoniren, z. B. **s** in dem Wiegenlied in Beckers Zigeunern, so wie in einem Liede von Zöllner, aber zu sprachlichem Behufe findet diese Mitwirkung nicht statt, wenigstens für gewöhnlich nicht. Ausnahmen davon s. w. u.

**) Weitere Möglichkeiten werden wir im speciellen Theile kennen lernen. Kudelka (Analyse der Laute der menschlichen Stimme. Linz 1856. S. 3, 55) hat die Zahl der einfachen Laute, die dem menschlichen Sprachorgan überhaupt möglich sein sollen, auf 121 gebracht!

einem allgemeinen schriftlichen eignen würde. Viele zusammengesetzte Laute, die bisher durch ein einziges Zeichen ausgedrückt wurden, würden dadurch 2 Schriftzeichen erhalten: für mehrere andere Laute, die bisher fälschlich durch zwei- und mehrfache Zusammenstellung heterogener Zeichen ausgedrückt wurden, müssten neue Zeichen erfunden werden. Beides ist in der Ausführung schwierig und dürfte, auch beim besten Willen, wenigstens einige Jahrhunderte Zeit erfordern.

Es ist Aufgabe der Physiologie, nachzuweisen, welche zur Sprache brauchbaren Laute und Geräusche im Ansatzrohr des menschlichen Respirationsorgans zu erzeugen überhaupt möglich ist, und durch welche Mittel und Wege sie daselbst erzeugt werden. Auch hat sie dabei, so viel als sie vermag, nachzuforschen, ob und wie weit gewisse Laute, nur von gewissen, einzelnen Völkern eigenthümlichen Konformationen oder Dispositionen der Sprachorgane abhängig sind. Sie hat ferner die Aufgabe, die durch reine Beobachtung und Versuch am Lebenden erhaltenen Resultate mit den von den ältesten Zeiten her schriftlich überlieferten Bezeichnungen der verschiedenen Sprachlaute zu vergleichen, und so zur Aufhellung manches über diesen Zweig menschlicher Forschung schwebenden Dunkels, und vieler dabei von den blossen Schriftgelehrten begangener Irrthümer das Ihrige beizutragen. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass das Sprachorgan der Menschen im Laufe der Zeiten irgend eine erhebliche anatomische Veränderung erlitten habe. Daher dürften gegenwärtig angestellte Beobachtungen wohl eben so geeignet sein, auf den vergangenen, als auf den gegenwärtigen Zustand der Linguistik angewandt zu werden. Die ältesten Völker, von denen schriftliche Denkmale übrig sind, standen hinsichtlich der Bezeichnung der Sprachlaute der Natur weit näher, als die spätern: sie distinguirten in dieser Beziehung weit feiner, als wir, und fast scheint es, als ob die Fortschritte der Kultur stets gleichen Schritt mit der Entfremdung der Schrift von der Natur gehalten hätten. Ausserdem dürfen wir aber auch nicht verkennen, dass in Folge einer angeborenen anatomischen Präformation fast jeder Volksstamm einzelne Gebiete seines Sprachorgans vorzugsweise begünstigt, und dass hier oft das ästhetische Moment mit dem national-sittlichen zusammenfällt.

I. Vokale und Konsonanten. Allgemeines.

Der erste, allgemeinste Unterschied, den man seit Jahrtausenden unter den Sprachlauten machte, ist der in Vokale (vocales, sonantes, φωνέεντα) oder Selbstlauter, und Konsonanten oder Mitlauter (consonantes, συμφωνέεντα sc. γράμματα). Diese Unterscheidung ist in concreto eine durchaus natürliche und sofort in die Augen oder vielmehr Ohren springende, wenn gleich die in dem Namen gegebene Definition das Wesen beider Klassen von Sprachlauten eben nicht erschöpfend darstellt. Denn wenn auch gegen den Ausdruck Vokal sich gerade nichts Erhebliches einwenden lässt, da das, was durch diesen Namen ausgedrückt wird, sich bei keinem einzigen Konsonanten rein und vollständig wiederfindet, so ist doch der Ausdruck Konsonant oder Mitlauter in so fern unpassend gewählt, als es viele Konsonanten giebt, die auch für sich, ohne dazu tretenden Vokal, wenn auch keine volle Silbe, doch einen vollen Sprachlaut geben. Weniger ist auf den von J. Müller und Angermann angezogenen und ohne Noth zu weit ausgeführten Umstand zu geben, dass eben so gut, wie die Konsonanten, auch die Vokale

und Halbvokale stumm, tonlos, als blosse Geräusche, beim Leisesprechen angegeben werden können *). Denn dieser Umstand beweist weiter nichts, als dass die Schwingungen der Stimmbänder nicht das einzige Mittel sind, um ein zur sprachlichen Mittheilung brauchbares Tonmittel zu liefern. Im Allgemeinen giebt es aber für die Unterscheidung der Vokale von den Konsonanten kein vollgültigeres Kriterium, als das Gehör: jeder nur klingende Sprachlaut ist Vokal, alle übrigen zur Sprache verwendeten Artikulationen sind Konsonanten, mag nun dieser Ausdruck gut oder schlecht gewählt sein, darauf kommt für die gewöhnliche Praxis nichts an.

Vokale sind also Sprachlaute, bei welchen der tönende, aus dem Kehlkopf emporgeführte Luftstrom zumeist durch den Mundkanal**) hindurch und zum Mund herausstreicht, wobei das mobile Ansatzrohr an gewissen Stellen bestimmte Einengungen und Dispositionen annimmt, die jedoch nie so weit gehen dürfen, dass ein neues sekundäres Schallphänomen dadurch dem primären Kehlkopfton associirt würde.

Es liegt in der Natur der Sache, dass bei den unendlichen graduellen und specifischen Verschiedenheiten, welche das mobile Ansatzrohr vom Isthmus oris et faucium an bis zu den Lippen durch Kontraktion der dasselbe mitbildenden muskulösen Organe annehmen kann, physiologisch auch eine fast unendliche Menge verschiedener Vokale möglich sein werde; und wir können daher, von aller historischen Erfahrung vorläufig absehend, gleich von vorn herein mit Bestimmtheit voraussagen, dass wir nicht eine und dieselbe Anzahl von Vokalen in jeder der Sprachen der verschiedenen Völker vorfinden werden. Gleichwohl ist diese Anzahl von Vokalen, wie sie zu den Sprachen verwendet werden, eine verhältnissmässig sehr beschränkte. Der Grund davon liegt auf der Hand. Jedes Sprachzeichen, also auch jeder Vokal, muss akustisch sich von jedem der Uebrigen auf eine bestimmte, unzweifelhaft ins Ohr fallende Art unterscheiden; ausserdem muss auch jedes Sprachzeichen einen gewissen physiologischen Spielraum haben, innerhalb dessen es sich mit einiger Freiheit bewegen kann, ohne dass bei der sprachlichen Anwendung desselben die Gefahr einträte, dass es in die Sphäre eines andern Sprachlauts geriethe, also mit letzterem verwechselt werden könnte. Wie viel oder wie wenig von diesen physiologisch möglichen Vokalen als sprachliche Elemente benutzt werden sollen, das hängt von dem

---

*) J. Müller, Handbuch der Physiologie. 2. Bd. S. 231. — Angermann a. a. O. S. 7. „In den Vokalen der lauten Sprache", sagt dieser Pädagog (leider nicht Physiolog), ist der Laut das eigentlich Hörbare, in den Vokalen der Flüstersprache der hörbare Athemzug." Ist aber der Laut nicht auch ein hörbarer Athemzug? Angermann hätte doch hier wenigstens zwischen Ton und Geräusch unterscheiden sollen. Ferner §. 5: „Der hörbare Athemzug und der nicht hörbare Athemzug unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bildung dadurch von einander, dass bei der Erzeugung des nicht hörbaren Athemzugs die Athemführung schwächer ist, und dadurch die Stimmbänder in eine geringere Anzahl von Schwingungen versetzt werden, als dies bei der Hervorbringung des hörbaren Athemzugs der Fall ist." — Schwingungen? Was für Schwingungen, wenn die Glottis nicht tonfähig geschlossen ist? Und Angermann misst dieselben sogar nach ihrer Zahl, natürlich innerhalb einer gewissen Zeit!

) Kudelka unterscheidet bei Erzeugung der Laute namentlich, ob die Luft dabei durch den Mund, oder durch die Nase, oder durch beide zugleich streiche. Letzteres finde bei den Vokalen und bei **L und **R** statt. S. die Physiologie der Vokale.

intellektuellen Bedürfniss, vom Nationaltemperament, von den geistigen Idiosynkrasieen, von dem Ausbildungsgrade des Gehörs und von mehrern andern äussern Zuständen und Momenten der einzelnen Völker ab. Es giebt Völker, die zwischen **a** und **o** noch einen Mittelvokal besitzen, andere, die mehrere Uebergangslaute von **a** zu **e** hören lassen, manche, welche eine sehr beschränkte, und noch andere, welche eine sehr ausgedehnte Anzahl zusammengesetzter Vokale für ihre Sprache verwenden.

Wir können den physiologischen Spielraum, innerhalb dessen sich, so zu sagen, die Vokale, oder richtiger: die vokalbildenden Organe bewegen, durch drei Punkte oder Extreme begrenzen, in welchen die Vokalisation beginnt und aufhört. Es sind dies **H**, **G**-moll und **W**. Bei **H** beginnt die Vokalisation mit **A**, bei **G** hört sie mit **I**, bei **W** mit **U** auf. Innerhalb dieses Dreiklangs liegt der ganze physiologisch mögliche Vokalismus. Der Beweis dafür lässt sich empirisch von jedem, der sprechen kann, an sich selbst führen: wir kommen weiter unten darauf zurück.

So wie der nach Erkenntniss ringende Mensch durch langsam anwachsende mühevoll errungene Erfahrung endlich dahin wieder zurückkommt, wo er sich zu Anfange befand, nur mit dem Unterschiede, dass seine Anschauung sich nun in eine Durchschauung verwandelt hat, so sind auch die geachtetsten sprachlichen Schriftgelehrten nach vielem und anhaltendem Forschen in den schriftlichen Denkmalen der ältesten und späteren Völker auf historisch-etymologischem Wege dahin gekommen, wo der Physiolog nach kurzer, unmittelbarer Anschauung sogleich oder wenigstens sehr bald anlangt, nämlich zu der unabweislichen Annahme von drei Urvokalen, aus welchen sich allmälig (?) alle übrigen Vokale durch Uebergang oder Vermischung gebildet haben: es sind dies keine andern, als unsere Vokalextreme **a**, **i**, **u**. In der That lassen sich aus diesen 3 Vokalen (das heisst aus den Mechanismen derselben) durch Weg- oder Zunahme und durch Kombination alle übrigen Vokale und Doppellauter bilden, ebenso, wie sich aus Vermischung der drei Urfarben Roth, Gelb und Blau alle übrigen zusammensetzen lassen. Thörigt und naturwidrig wäre es aber, anzunehmen, dass die Menschen wirklich zu Anfange ihrer sprachlichen Mittheilungen erst dieser drei Vokale sich bedient und erst später mit dem wachsenden Bedürfniss die noch fehlenden hinzugefügt hätten. Denn der Umstand, dass die Sanskrit-Schriftsprache nur jene drei Sprachlaute als einfache Vokale aufweisst, die übrigen dagegen als Mischlaute behandelt, beweisst für jene Hypothese nicht das Geringste.

Mit den eben Bemerkten steht die Lehre von den Verwandtschaften der Sprachlaute zu einander in Zusammenhang. Wir werden im Verlauf unserer Untersuchungen wenigstens von dreierlei Verwandtschaften dieser Art zu sprechen haben. Die erste nenne ich die assimilirende oder anlautende: sie bezieht sich auf die Aehnlichkeit des artikulativen Mechanismus des einen Sprachlauts mit dem eines andern. So ist z. B. **H** mit **Ch**, dieses mit **k** verwandt u. s. w. In der historischen Entwickelung, Ausbildung und Vermischung der Sprachen spielt diese Verwandtschaft eine wichtige Rolle, und wird hier zur substituirenden, in so fern in einem und demselben Worte im Laufe der Zeiten ein Sprachlaut einem andern substituirt zu werden pflegt. Diese Substitution ist in der Regel ein Fortschreiten a molliori ad durius, namentlich lässt sich ein solches in der Entwickelung der deutschen Sprache nachweisen. Die zweite Verwandtschaft ist die kommixtorische

oder **verschmelzende**; sie ist mehr Eigenthum der Vokale, als der Konsonanten, und äussert sich, wie wir später genauer angeben werden, in Verbindung oder Verschmelzung der artikulativen Mechanismen zweier Sprachlaute, die einige Artikulationselemente gemeinschaftlich besitzen, zu einer einfachen Artikulation oder einem einfachen, neuen Sprachlaut. Die dritte Verwandtschaft ist die **kombinatorische**, vermöge welcher sich zwei und mehrere Sprachlaute in einer und derselben Silbe so verbinden lassen, dass behufs der Artikulation derselben kein anderweites Bindungsmittel, Konsonanten also namentlich kein Vokal dazwischen zu treten braucht.

Wir beginnen die specielle Physiologie der Sprachlaute mit dem Hauche, **H**, Spiritus, und wollen mit der vollständigen Unterbrechung des exspirativen Luftstroms schliessen. Innerhalb beider Extreme, der vollkommenen Oeffnung und der vollkommenen Absperrung des exspiratorischen Ansatzrohrs, liegen alle einzelnen Artikulationslaute.

H.

Das **H** ist so recht eigentlich aller Mangel an Artikulation, bei dem es natürlich weder zu einem Vokale, noch zu einem Konsonanten kommen kann. Das ganze mobile Ausführungsrohr des Respirationsorgans steht dabei offen, Glottis, Isthmus oris, Mundhöhle, Mundöffnung, alle diese Aperturen und Höhlen sind erweitert, um so viel Luft mit einemmale heraus zu lassen, als möglich. Aus letzterem Grunde ist auch erforderlich, dass das Gaumensegel nach hinten und oben gezogen, auf diese Art die Nasenhöhle abgesperrt, und die Luft allein durch die Mundhöhle zu streichen genöthigt wird. Denn ein voller Hauch wäre bei einer Theilung des Luftstroms nicht möglich gewesen, und dass man bei verschlossenem Munde die Luft nicht durch die Nasenlöcher heraushauchen, also das **H** nicht als Nasenlaut erzeugen kann, ist jedem Kinde bekannt. Also der Isthmus ist sehr erweitert, das heisst in Verhältniss zu andern Sprachlauten unter sonst gleichen Verhältnissen; denn beim Lautsprechen ist für das **A** der Isthmus ganz bestimmt viel weiter geöffnet, als für das **H** beim Leisesprechen. Die Zunge liegt ruhig, das heisst tief, ebenfalls tiefer als für jeden andern Sprachlaut; die Mundhöhle ist also etwa in gleichem Maasse geräumig, als der Isthmus weit, und eben so verhältnissmässig werden die Kinnladen und Lippen von einander entfernt, ohne dass an letztern Organen die geringste specifische Muskelbewegung stattfindet. — Auf diese Art sind alle Möglichkeiten, den exspirirt werdenden Luftstrom irgend wie zu artikuliren, abgeschnitten; und es bleibt, damit nur Etwas dem Ohre wahrnehmbares geschehe, nichts Anderes übrig, als dem hervorströmenden Luftstrome von unten her einen mehr oder weniger kräftigen Stoss zu geben, damit er sich an den Wänden und Einschnürungen (Glottis, Isthmus) des Athmungsorgans stärker reibe, und dadurch mit einem mehr oder weniger vernehmlichen **Geräusche** hervortrete. Dieser Stoss entsteht einerseits durch Beschleunigung der Kontraktion der exspirativen Bauchmuskeln, namentlich des Obliquus adscendens, Transversus und Rectus abdominis obern Theils, andern Theils durch schnellern Nachlass in der Kontraktion der inspirativen Muskeln, namentlich der untern Intercostales und des Zwerchfells. Durch diese gewaltsame Verengerung des Epi- und Mesogastriums geschieht es, dass, weil dabei nicht nur

die schwereren immobileren obern Bauchorgane aufwärts, sondern auch die hypogastrischen Eingeweide abwärts gedrückt werden müssen, das Hypogastrium sich etwas auftreibt, obgleich exspirirt wird: ein Phänomen, das wir bei jedem gewaltsamen Stosse, den der exspirative Luftstrom erhält, beobachtet haben, und zum Theil, auf demselben physikalen Gesetz beruht, wie das Zurückfahren einer eben abgefeuerten Kanone*). Indessen ist hiermit der Mechanismus des Hauchlauts **H**, des Spiritus asper, namentlich, wenn wir nach dessen verschiedenen sprachlichen Beziehungen und Verwandtschaften fragen, noch nicht erschöpft. Die Griechen unterscheiden zwischen Spiritus asper und lenis. Letzteren setzen sie jedem ein Wort anfangenden Vokal vor, wenn er ohne vorausgehenden rauhen Hauch, also ohne **H**, pronuncirt werden soll. Die semitischen Sprachen setzen statt des grichischen ' einen besondern Buchstaben, Aleph oder Elif, auch im Sanskrit und in jüngern asiatischen Sprachen giebt es besondere Zeichen für diesen sogenannten sanften Hauch. Alles dies und noch mehr haben die sprachlichen „Schriftgelehrten" wohl bemerkt, aber was dabei im menschlichen Respirationsorgan vorgehe, darüber herrscht in den Schriften dieser gelehrten Männer ein tiefes Stillschweigen, weil sie eben nur die Schrift, nicht die Natur, dabei zu Rathe zogen. Der physiologische Unterschied des Spiritus asper vom Spiritus lenis ist aber der, dass bei ersterem die Glottis des Kehlkopfs geöffnet ist, bei letzterem geschlossen wird. Dieser Satz, dieses physiologische Gesetz, wenn gleich es hiermit merkwürdiger Weise zum ersten Male ausgesprochen**) wird, liegt doch so klar vor Augen, dass ich zu dessen Beweis gar nichts weiter nöthig habe, als Jeden, der einen wegsamen Kehlkopf hat und wenigstens **a** auszusprechen gelernt hat, auf sich selbst zu verweisen.

Dieser Stimmritzenschluss ist für die gesammte Sprache von grosser Wichtigkeit. Er ist zwar nicht „der Urlaut", wie ihn (als Spiritus lenis) Bindseil***) in seiner physiologischen Ignoranz nennt, denn er bewirkt ja gerade das Umgekehrte, die Absperrung, Unterbrechung, die Negation jedes Lautes, wohl aber ist er die erste Artikulation, meinetwegen die Urartikulation der zu sprachlichem Zwecke exspirirt werdenden Luft. Er zuerst scheidet oder zerschneidet das rohe Material der Sprache, die exspirative Luft der Lungen, in seine ersten sprachlichen Elemente; er ist das erste Mittel, die einzelnen Vokale von einander zu begrenzen, rein und deutlich hervortreten zu lassen. Zur Verhütung von Missverständnissen bemerke ich nur noch, dass dieser Stimmritzenschluss, wie er vor jedem eine Anfangssilbe beginnenden Vokal stattfindet, kein anhaltender, sondern ein sehr schnell vorübergehender Prozess ist; das heisst, es knüpft sich augenblicklich an denselben die zu jeder Stimmgebung erforderliche Stimmbändervibration an, bei welcher die Luft wieder durch die Glottis streicht. Er ist also für die phonatorische Funktion der Stimmritze das, was für das

*) Wegen des grossen Antheils, den die Bauchmuskeln u. s. w. an der Bildung des **H** haben, behauptet Angermann (a. a. O. S. 10) geradezu, es werde durch andere Theile des Körpers gebildet, als durch die Mundtheile. Angermann hätte die physikalen Elemente dieser „Bildung" exakter sondern sollen.

**) Dies geschah jedoch bereits vor 10 Jahren in meinen Vorlesungen an hiesiger Universität.

***) Abhandlungen zur allgemeinen vergleichenden Sprachlehre. I. Physiologie der Stimm- und Sprachlaute. S. 228. Hamburg 1838.

Spiel der Blasinstrumente der sogenannte Ansatz ist. So wie man z. B., bevor man auf dem Waldhorn oder einem andern Becherinstrumente einen Ton geben kann, die Lippen schliessen muss, um sie in die erforderliche Vibration zu versetzen, ebenso muss man auf einen Augenblick die Glottis erst vollständig schliessen, um sie von dieser Disposition aus in die phonatorischen Schwingungen übergehen zu lassen. Unterlässt man diesen Glottisschluss, lässt man also bei bisher offen gebliebener Stimmritze sofort die tongebenden Schwingungen, wobei jene nicht völlig geschlossen wird, eintreten, so tönt der Vokal nicht mit einem präcisen Ansatze, sondern es geht ihm ein mehr oder weniger merkbarer Hauch voraus, der nun eben bei den Griechen durch das vorgesetzte Zeichen ʽ, bei andern Völkern durch den besonderen Buchstaben **H**, ה u. s. w. bezeichnet wird. Vergl. übrigens das früher bei der Tonlehre (S. 609) Bemerkte.

Ist die Glottis bereits im Tönen begriffen, so kann sie ohne Weiteres in einen anderen Vokal übergezogen werden, wozu dann nur die nöthige Abänderung in den bezüglichen Artikulationsorganen erforderlich ist.

Unter gewissen Umständen kann aber der vor jedem reinen Anfangsvokale nothwendige, bei der normalen Sprache nur momentane Glottisschluss länger dauern, als eben nothwendig wäre. Der beabsichtigte Vokal bleibt dann gleichsam in der Kehle stecken (vox faucibus [glottide] haeret), eben weil die Glottis geschlossen bleibt. Dieser Zustand stellt das vor, was Colombat (Orthophonie, 2. edit. Paris. s. a. Pag. 135) das gutturo-tetanische Stottern nennt; er kann aber auch, wie bei plötzlichen Gemüthsaffekten (heftige Freude, Schreck, Angst), ein bald vorübergehender sein.

Ausser seinem physiologischen trägt aber auch jeder Sprachlaut einen ihm eigenthümlichen psychologischen Charakter an sich, der, weil er ebenfalls etwas Natürliches, von innern, unwandelbaren Zuständen und Vorgängen Bedingtes ist, von uns untersucht werden muss. Namentlich gilt dies, meiner Meinung nach, vom Hauchlaut **H**. Während ein nach vorgängigem Stimmritzenschluss pronuncirter Vokal in uns die Idee einer gewissen Ruhe, Bestimmtheit, Gemessenheit weckt, so erzeugt ein mit vorhergehendem Hauche pronuncirter Vokal vielmehr den Gedanken an etwas Erzwungenes, Gewaltsames, wenigstens an eine gewisse Aufregung oder regere Theilnahme an etwas, das ausser uns vorgeht. Dies gilt nicht nur von den einfachen Ausrufworten **Ha**, **he**, **ho**, **hu**, sondern auch von fast jeder zusammengesetzteren Sprachwurzel die mit **H** anfängt, insofern das, was durch dieselbe bezeichnet wird, zunächst in der ersten, mit **H** beginnenden Silbe zu finden ist. Das **H** ist daher im Allgemeinen ein Elementum emphaticum für den sprachlichen Ausdruck, eben weil es seinem Mechanismus nach in einer temporären Beschleunigung der Exspiration besteht. Eine so ziemlich entgegengesetzte Wirkung hat dagegen das **H**, wenn es, was freilich in der Wirklichkeit nicht oft vorkommt, einer Silbe angehängt wird. Das einfachste Beispiel dieses Unterschiedes geben die beiden Ausrufsilben **ha** und **ah** (als Uebergang in **ach**).

Was die Verwendung des **H** in den verschiedenen Sprachen*) anlangt, so dürfen wir ja nicht alles, was geschrieben steht, so unbedingt nach unserer

*) In den Alphabeten mehrerer Sprachen, namentlich der italischen und russischen, fehlt das **H**. Doch dürfen wir daraus nicht schliessen, dass diese Völker unfähig seien, das **H** überhaupt zu bilden.

Weise für einen reinen, von Irrthum freien Ausdruck dessen nehmen, was jene, welche es geschrieben, damit ausdrücken wollten. Finden wir schon in der Schrift unserer Muttersprache und anderer noch lebenden Sprachen genug Naturwidrigkeiten, so werden es die alten, nicht mehr lebenden Völker wohl auch nicht viel besser gemacht haben. Wir müssen daher das, was in der Natur geschieht und von Natur möglich ist, sorgsam von dem unterscheiden, was in der Schrift geschehen ist: sonst werden wir nimmer in unserer Wissenschaft sonderliche Fortschritte machen können.

Wir finden in den meisten der bisherigen, besonders in den vergleichenden Sprachlehren, welche tiefer in den Gegenstand einzudringen sich das Ansehen geben, z. B. in den Werken Bopp's, Rapp's, Eichhoff's u. a. einen Unterschied gemacht zwischen einem schwachen und einem starken Kehlton oder Kehlhauch. So soll das **H** schwach in *haine* stark in *Held* klingen, das schwache **H** sei von den alten Hebräern durch ה, das starke durch ח bezeichnet worden. Was ist aber schwach und stark, wenn diese Ausdrücke einen vernünftigen, physiologischen Sinn haben sollen? Eigentlich ist physiologisch nur Ein reiner Hauchlaut möglich, bei welchem stets der oben angegebene Mechanismus der Artikulationsorgane stattfinden muss: wohl aber lässt sich je nach dem individuellen sprachlichen Bedürfniss der Exspirationsstoss, wie schon erwähnt, beschleunigen oder verlangsamen, ohne dass desshalb allemal die Verlangsamung, die langsamere Kontraktion der angeführten Exspirationsmuskeln einen geringern, die schnellere einen grössern Kraftaufwand erfordern müsste; im Gegentheil wissen wir, dass in der Regel der umgekehrte Fall stattfindet. Ist also das **H** reiner Hauch, so kann durchaus nur zwischen einem beschleunigten und einem verlangsamten, also einem kurzen, meinetwegen auch harten, und einem langen, gedehnten (weichen) unterschieden werden. Da nun das **H** sich stets hinsichtlich dieses Unterschiedes nach der Natur des nachfolgenden Vokals richtet, so muss sehr natürlich in *haine* das **h** lang, gezogen oder weich, in *Held* dagegen kurz oder hart sein. Aus eben diesem Grunde aber ist es auch gar nicht nöthig, diese beiden Modifikationen durch verschiedene Zeichen auszudrücken, weil, was sich von selbst versteht, nicht erst besonders verständlich gemacht zu werden braucht. Ganz anders verhält es sich aber mit dem hebräischen ח (Hhet, Chet); dies ist kein reiner Hauch mehr, sondern ein bereits rauher, unreiner, rauschender, und als solcher allerdings verschiedener Grade fähig, weshalb aber auch erst unter den Konsonanten, zu den das **H** mittels dieses Lautes den natürlichen Uebergang bildet, seine physiologische Erklärung finden kann.

So viel vom Gebrauche des **H**, wenn es eine Silbe anlautet. Es ist also kein Unterschied im Mechanismus, ob das **H** die erste oder eine spätere Silbe anlautet, ob es in *Ha, Haus, Held* oder in *aha, verhasst, lobhudeln* u. s. w. ausgesprochen wird. Natürlich vergeht hier bei dem Uebergang von der ersten zur zweiten Silbe eine kurze Zeit, bis die beim letzten Sprachlaut der ersten Silbe ganz oder grösstentheils geschlossene Stimmritze sich so weit öffnet, dass der exspirative Luftstrom in dem Volumen, wie es zum **H** erforderlich ist, durchstreichen kann.

Aber wir finden in vielen Sprachen das **H** auch hinter Vokalen geschrieben stehen. Namentlich in den indo-germanischen Sprachen wird in dieser Hinsicht ein ziemlich ausgedehnter Gebrauch oder vielmehr Missbrauch vom **H** gemacht. Wir haben hier zu unterscheiden, ob das einem

Vokal nachgesetzte **H** ein Wort schliesst, oder ob noch ein Konsonant darauf folgt, mag dieser derselben noch angehören, oder eine neue, zu demselben Worte gehörige, anlauten; ob also das **H** gestellt ist wie in *ah, Noah,* oder wie in *mehr, Lehrer, Ehe, Ohr, fühlen* u. s. w. Wir Deutschen sind gewohnt, in den meisten Fällen, wo wir einen Vokal lang aussprechen wollen, diese Verlängerung durch ein nachgesetztes **h** vorzuzeichnen. Diese Verwendung des **H** ist aber eine durchaus unphysiologische, naturwidrige. Denn wenn ich einen Vokal noch so lang ausdehne, so gesellt sich ihm doch durchaus nichts vom Mechanismus des **h** bei, wenn ich es nicht ausdrücklich und absichtlich zu Ende des Vokals thue. Für diesen Fall ist es aber ziemlich einerlei, ob ich den Vokal kurz oder lang klingen lasse, ja es lässt sich der **H**-Mechanismus weit leichter und bestimmter einem kurzen Vokal anfügen, als einem langen. Hierzu ist es aber ein physiologisches Erforderniss, dass mit diesem angefügten **h** das Wort endige. Einen solchen wahrhaft naturgemässen Gebrauch vom **H** kann ich höchstens in den alten Formen unserer deutschen Sprache auffinden, so wie ganz bestimmt in den semitischen Sprachen, namentlich im Hebräischen. In unserer Muttersprache, wie sie gegenwärtig ist, kommt das reelle **h** hinter einem Vokal höchstens in dem Ausruflaut *Ah* steht, wenn es als Seufzer, wo die Luft mit einer gewissen Energie ausgehaucht wird, so wie in den apostrophirten Wörtern: *Eh', sieh'* und einigen wenigen andern vor: vorausgesetzt natürlich, dass dieselben richtig pronuncirt werden, was leider sehr selten geschieht. Die hebräische Sprache distinguirt in dieser Hinsicht weit genauer, als unsere deutsche: will sie einen Endvokal mit dem Hauch auslauten lassen, so setzt sie ה, will sie dagegen den Vokal lang ziehen, so setzt sie א oder ע daran. Im Allgemeinen kommt das **H** als Endhauch in den neuern, europäischen (wenigstens germanischen und romanischen) Sprachen, mit den erwähnten Ausnahmen, nicht vor, und wir Deutschen thäten in dieser Hinsicht besser, wenn wir das den Vokalen angehängte **h** geradezu wegliessen, ebenso wie es die Italiener thun. — Ferner soll nach Angermann (S. 29) das einem Vokal angehängte **h** in Fällen, wo ein Konsonant folgt, die Klangfarbe jenes Vokals ändern. Er lässt sich jedoch nicht weiter darüber aus: auch ich sehe keinen Grund dazu. Es wird viel auf das Papier geschrieben, was fürs Ohr nicht vorhanden ist.

Endlich finden wir in der Schriftsprache das **H** auch mit Konsonanten verbunden, den es bald vor-, bald nachgesetzt wird: über diesen Punkt werden wir jedoch passender später, bei den Konsonanten selbst, sprechen.

II. Physiologie der Vokale.

a. Allgemeine Eigenschaften derselben.

Nachdem wir im Vorigen die wesentlichen Unterschiede der Vokale von den Konsonanten angegeben, so wie den Spielraum, innerhalb dessen sich die gesammte Vokalisirung zu bewegen hat, im Allgemeinen vorgezeichnet oder abgesteckt haben, gehen wir jetzt zur Physiologie der Vokale in specie über, indem wir zuerst jenen Spielraum oder das den Vokalen insgesammt angewiesene Gebiet genauer betrachten, sodann in seine den einzelnen Vokalen zukommende Bezirke eintheilen wollen.

Bei jeder Vokalbildung haben wir zunächst die Stellung der Organe, und die Veränderungen, welche in der durch dieselben streichenden Luftsäule

vorgehen, zu unterscheiden. Die Organe, welche bei der Vokalbildung ihre Stellung verändern, bei jedem bestimmten Vokale eine bestimmte Stellung annehmen, sind der Kehlkopf und die weichen Theile des mobilen Ansatzrohrs, also die den Isthmus oris et faucium bildenden Organe, die Zunge nebst dem Boden der Mundhöhle und dem gesammten Unterkiefer, und die Lippen. Durch die lokomotiven Veränderungen, welche diese Organe erleiden, wird das Ansatzrohr nicht nur seiner Länge nach, sondern auch an drei Stellen in seinem Lumen auf eine akustisch bedeutsame Weise modificirt, nämlich 1) im Eingange aus der Rachenhöhle zur Mundhöhle, also im Isthmus oris; 2) in dem Raume der Mundhöhle, oder im sogenannten Mundkanale selbst, welcher durch das wichtigste Artikulationsorgan, die Zunge, verengert oder erweitert wird; 3) im Ausgange des letzteren, also in der Mundöffnung, welche, wie wir ausdrücklich bemerken müssen, sich durchaus nicht nach der Divarikation der beiden Kiefer richtet, sondern neben derselben als ein selbstständiges phonatorisches Moment besteht. Kratzenstein (Tentamen resolvendi problema etc. Petrop. 1780) und Kempelen (§. 104 ff.), denen leider auch Angermann und Kudelka gefolgt sind, nehmen nur auf die Verhältnisse des Mundkanals und der Mundöffnung Rücksicht, was aber, wie wir bald einsehen werden, nicht ausreicht. Eben so wenig genügen Stimmritze und Rachenhöhle allein, um die einzelnen Vokale zu erzeugen. Auch wenn man die Vokale kurz und tonlos zu erzeugen sucht, nehmen die Mundtheile und die Zunge nothwendig die specifischen Lagen und Stellungen an. Beim Schluss der Lippen und der Zahnreihen vermag ich wenigstens auch nicht subjektiv unterscheidbar die Vokale zu bilden. S. dagegen Valentin in seiner Physiologie II, 1. S. 394.

Die Veränderungen, welche mit der Pars ithmica des Ansatzrohrs vorgehen, kombiniren sich bei jeder Vokalbildung auf eine specifisch-bedeutsame Weise mit den, welche durch die Bewegungen der Zunge in der Räumlichkeit der Mundhöhle erzeugt werden. Die Basis der Pars isthmica wird von der Gränze des Zungenrückens gebildet. Sobald die Zunge gehoben und zugleich nach hinten gezogen wird, da wird nicht nur die Basis der Spitze des Isthmus näher gebracht, sondern der Isthmus wird auch von dem aufsteigenden Zungenrücken von unten her mehr oder weniger bedeckt, so dass die Gaumensegelpfeiler mit letzterem ziemlich parallel und sehr nahe hintereinander zu stehen kommen und der Eingang aus Pars isthmica des Fangrohrs in die Mundhöhle verengert wird. Umgekehrt, wenn die Zunge gesenkt und gleichzeitig nach vorn geschoben wird, da wird die Vallecula vom Zäpfchen entfernt, der Raum zwischen Zungenrücken und Isthmuspfeilern wird weiter, und auch der Eingang aus dem Fangrohre in die Mundhöhle erweitert. — Durch die Lageveränderungen der Zunge wird der Mundhöhlenquerschnitt in verschiedener Weise und Grade verengt. Bei Erzeugung des **I** ist diese Verengung am grössten, und fällt nach Kudelka (S. 47) nahe in die Mitte des Gaumens, während sie bei **E**, **A**, **O**, **U** allmälig immer weiter nach hinten rücken soll. Wir kommen darauf bei den einzelnen Vokalen zurück. Im Allgemeinen wird der Vokallaut um so voller, gleichsam breiter, je mehr und je freier und unbehinderter die Luft in die Mundhöhle geführt wird. Ob das eine oder das andere bei einem Vokale geschieht, kann man dadurch erkennen, dass man bei der Vokalgebung die Nase zuhält. Die Vokale **A**, **O** und **U** erhalten dadurch kein nasales Timbre, die Luft geht also bei ihnen vorzugsweise durch die Mundhöhle. — Ferner

haben wir die Stellung des Kehlkopfs bei der Vokalpronunciation ins Auge zu fassen. Dieser steht bei einigen Vokalen tiefer, bei andern höher: im Allgemeinen richtet sich die Stellung desselben nach der des Zungenrückens und noch mehr der Zungenbasis. Schon früher bei Untersuchung der Stimmphänomene haben wir auf diese Punkte einige Rücksicht genommen. Bei **U** und **O** steht caeteris paribus der Kehlkopf am tiefsten, bei **A** nimmt er eine mittlere Stellung ein, bei **ä**, **e**, **i** steigt er bis zu einer gewissen Höhe über diese mittlere Stellung oder über Null. Ebenso haben wir bereits nachgewiesen, dass mit einer tiefern Stellung des Kehlkopfs eine Erweiterung, mit einer höhern eine Verengerung der Stimmritze zusammenfällt. Diese Dimensionsänderungen sprechen sich auch am Umfange des Halses aus. Bei Intonirung des **U** und **O** wird der Umfang des Halses um mehrere Linien vergrössert, und zwar nicht nur durch die Erweiterung des Kehlkopfs, sondern auch durch eine Zusammenziehung und ein Anschwellen einiger Halsmuskeln, besonders des M. sternocleidomastoideus; bei **A** beträgt diese Erweiterung etwas weniger, bei **E** und **I** ist sie gar nicht bemerkbar. Von der eben erwähnten Verschiedenheit der Kehlkopfstellung, insofern sie von der Schwingungszahl des Tones unabhängig ist, fanden wir ferner zum grossen Theil das sogenannte Timbre des Tones bedingt, das wir caeteris paribus bei tiefem Kehlkopfstande das dunkele, bei hohem das helle nannten. Vergl. S. 610. Es fragt sich nun, ob sich schon im reinen, natürlichen Vokal etwas, das einem solchen „Timbre" entspricht, vorfindet; oder ob letzteres nur eine zufällige, nach Umständen vorhandene oder fehlende Qualität zu nennen ist. Ich glaube, wir können beide Fragen affirmativ beantworten. Jeder Vokal hat seine Specificität, seinen ihm eigenthümlichen Charakter, der durch die Kooperation der zu seiner Produktion konkurrirenden Organe und Mechanismen erzeugt wird. Zu diesem Charakter gehört auch sein Timbre, das wir jedoch, um gleich von vorn herein den hier so leicht möglichen Missverständnissen vorzubeugen, in folgender Weise definiren wollen. Timbre ist das hörbare Resultat der im Fangrohr vor sich gehenden Mechanismen, welche dem phonischen Element des Vokals vorstehen, während die eigentliche Specificität des Vokals als Sprachlaut durch die Veränderungen erzeugt wird, welche im Isthmus und im Ausführungskanal (in der Mundhöhle) behufs der Bildung des Tones zum Sprachlaut vor sich gehen. Das Timbre berührt die sensuelle, die artikulatorische Specificität die intellektuelle Sphäre der Gehirnfunktionen. Ein und dasselbe Timbre kann mehrern Vokalen zukommen, während die Specificität des Vokals immer nur eine und dieselbe ist. Dennoch müssen wir ein jedem Vokale von Natur nothwendiges, zu seinem Wesen gehöriges Timbre und ein zufälliges, von nationaler oder individueller Gewohnheit und Sitte bedingtes Timbre unterscheiden. Schon früher (s. S. 721) haben wir die Vokale nach ihrem natürlichen, nothwendigen Timbre in zwei Klassen unterschieden, in solche mit dunklem Timbre, und solche mit hellem Timbre, was physiologisch untersucht nicht viel mehr sagen will, als: die Vokale mit dunklem Timbre werden bei tieferem, die Vokale mit hellem Timbre dagegen bei höherem Kehlkopfstande gebildet; oder: das dunkle Timbre hängt ab von der Verlängerung, das helle von Verkürzung des Fangrohrs mittels Tiefer- oder Höherstellung des Kehlkopfs. Bei **O** und **U** steht der Kehlkopf tiefer, das Timbre dieser Vokale ist demnach dunkel; bei **E** und **I** steht der Kehlkopf höher, das Timbre derselben ist daher hell; bei **A**

kann der Kehlkopf nach Belieben oder Umständen höher oder tiefer gestellt werden, das Timbre desselben ist daher variabel. Dies sind die allgemeinen Grundsätze, die uns bei Bestimmung und Würdigung des Timbres der Vokale zu leiten haben, und auf welche wir auch später zurückkommen werden, wenn wir auf die von den Grammatikern gebrauchten Ausdrücke Höhe und Tiefe, Breite, Offen- und Geschlossensein der Vokale zu sprechen haben werden.

Ob die Kehlkopfsapertur nach der Specificität der Vokale verschieden ist, und mit dem Durchmesser des Mundkanals in geradem Verhältniss steht, ist zwar noch nicht ausgemacht, aber doch in hohem Grade wahrscheinlich, da die Epiglottis beim Aufziehen des Kehlkopfs sowohl als beim Rückwärtsziehen der Zunge gesenkt wird und umgekehrt.

Die Veränderungen, welche die durch das mehr oder weniger beengte oder eingeengte Ansatzrohr streichende Luftsäule erleidet, sind bisher fast noch gar nicht Gegenstand physiologischer Forschung gewesen. Ich habe in vorigem Abschnitt S. 649. 654 einen Versuch gemacht, die Reflexions- nnd Beugungsverhältnisse der Luftsäule im Mundkanale beim Vokal **A** näher zu untersuchen, und werde im Verlaufe dieses Abschnitts dasselbe mit den übrigen Vokalen thun. Abgesehen davon ist nun das Verhältniss der Tonhöhe der einzelnen Vokale zu einander, so wie zum Verhältniss des in Mittönung gebrachten Luftraums bisher von einigen Physiologen berücksichtigt worden. Schon lange bevor ich die Ansichten Hellwag's, Reyher's und Flörcke's, s. bei Bindseil a. a. O. S. 463, kennen lernte, beobachtete ich, dass, wenn man die Vokale nach einander leise, ohne phonatorische Mitwirkung der Stimmbänder, angiebt, jeder einzelne Vokal zu den übrigen in einem gewissen Höhenverhältnisse steht. Es ist bekannt, und ist auch durch meine akustischen Versuche über die Lufttöne erwiesen worden, dass eine durch irgend einen hohlen Raum streichende Luftsäule, auch wenn sie nicht durchaus in tönende oder mittönende Schwingungen versetzt worden ist, doch ein gewisses klingendes Geräusch, eine Andeutung an einen Ton giebt, der sich, obwohl nur als Rudiment vorhanden, doch schon nach seiner Höhe oder Tiefe messen, also auf Grund seiner Schwingungszahl mit andern ähnlich erzeugten Tonandeutungen vergleichen lässt. So giebt ein weites, langes Rohr, mit dem vollen Munde angeblasen, so dass noch kein Pfeifton entsteht, die Andeutung eines tiefern Tones, als ein engeres oder kürzeres Rohr unter gleichen Umständen. Dieser Quasi-Ton erhöht sich, wenn die Anspruchsöffnung, und vertieft sich, wenn die Ausgangsöffnung caeteris paribus verengt wird; er erhöht sich ferner bei Verkürzung, und vertieft sich bei Verlängerung des Rohrs. Nimmt man nun vollends ein Rohr mit beweglichen Seitenwänden, so wird man ferner wahrnehmen, dass sich der Ton oder der Tonanlaut erhöht, sobald jene komprimirt werden, dagegen sich vertieft, wenn dieselben von einander entfernt werden. Wenn man nun mittels der aus der offenen Glottis exspirirten Luft das Ansatzrohr des Respirationsorgans anbläst, so muss der dabei wahrnehmbare Ton in gleicher Weise bei Erweiterung des Isthmus und des Mundhöhlenraums, sowie bei Verengung der Mundöffnung vertieft, bei Verengerung des Isthmus und der Mundhöhle (des Mundkanals), so wie bei Erweiterung der Mnndöffnung erhöht werden. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzungen vollkommen. Ich führe zuerst die bereits bekannten Versuche an, dann die meinigen.

Reyher's Vokaltonleiter.

u	o	ā	ā̆	ă	å fränkisch	ä	e	i
c	dis	f	a	c^1	cis^1	dis^1	f^1	c^2

Hellwags' Vokaltonleiter.

u	o	å	a	ö	ä	ü	e	i
c	cis	dis	fis	gis	a	b	h	c^1

Flörcke's Vokaltonleiter.

u	o	a	ö	ä ⏟ e tief		ü	e hoch	i
c	g	c^1	e^1	g^1		g^1	a^1	c^2

Merkel's Vokaltonleiter.

u	o	a	ö	ä	e	ü	i
d	g	a—h	g^1	a^1	c^2	d—e^2	g^2

Auffallend ist es, dass bei allen 4 Tonleitern die Folge der Vokale so ziemlich dieselbe ist, dass alle vier mit der Tonstufe c oder d (**u**) beginnen, dass aber nur 2 hinsichtlich des Umfangs der gesammten Vokallaute mit einander übereinstimmen. Hellwag's Tonleiter ist offenbar nur auf theoretische Voraussetzungen konstruirt, um die Vokale mit den Tönen der Musikskala in Einklang zu bringen. Dass die letzten Vokale **e**, **ü**, **i** von mir so hohe Noten erhalten haben, dergestalt, dass **i** 2 und eine halbe Oktave von **u** entfernt liegt, erscheint zwar auf den ersten Anblick auffallend, ist aber doch nicht nur für mein Organ, sondern auch für andere vollkommen richtig, wie sich mehrere meiner mit musikalem Gehöre begabten Freunde überzeugt haben. — Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Luft bei der Erzeugung der Vokale **u**, **o**, **a** weniger, bei **e**, **ü** und **i** stärker komprimirt wird, mithin auch bei erstern weniger, bei letztern stärker an den Wänden des Ansatzrohrs sich reibt. Bei **U** und **O** wird die grössere Tonvertiefung offenbar durch die Verengung der Mundöffnung bewirkt, durch welche eine partielle Dackung oder Stopfung der in der Mundhöhle befindlichen Luftsäule erzielt wird. Diese Verengung der Mundöffnung hat aber ausser dieser Vertiefung noch eine wichtigere Wirkung auf die zur Vokalisation zu verwendende Luft: diese wird nämlich durch die Verengung der Ausströmungsmündung mehr zurückgehalten, wodurch, bei gleichzeitiger Verstärkung des Exspirationsdrucks, eine stärkere Kompression der Mundhöhlenluft bewirkt, und der Ton auf diese Weise verstärkt wird und mehr Klang bekommt. Denn der Klang beruht hier nicht nur auf der eben vorhandenen Masse der in Schwingungen zu versetzenden Luft, sondern auch darauf, dass diese Luftmasse wirklich vollständig in solche Schwingungen versetzt wird. Hierzu ist es aber nöthig, dass, wenn die Wände, welche die in Klang zu versetzende Luftsäule einschliessen, nicht so dispo-

nirt werden können, dass kein Theil der Luft sich diesem Mitklingen entzieht oder unbenutzt entweicht, diese Wände sich nicht, wie bei andern Zungeninstrumenten, von der Stelle der primären Tonerzeugung (vom Mundstück) an allmälig etwas erweitern, sondern im Gegentheil etwas verengern. Im Allgemeinen steht aber der Grad der Lautbarkeit der Vokale in Verhältniss zur Weite der Mundhöhle und der Grösse der Mundöffnung. Demnach tönt **A** am vollsten und lautesten, die übrigen Vokale folgen etwa in dieser Ordnung:

A Ä E Ö O I U Ü.

Die letztgenannten Vokale, **I**, **Ü** und **U** würden jedoch weit schwächer klingen, wenn die Mundöffnung bei ihnen weiter gemacht würde. Beim **U** ist die Mundöffnung verhältnissmässig kleiner, als der Raum der Mundhöle.

Mit diesen Beobachtungen und Versuchen stehen die von R. Willis (Poggendorff's Annalen d. Physik etc. XXIV, S. 397. Leipz. 1832) in Zusammenhang. Er brachte an einem Zungenmundstück, das den Kehlkopf vorstellen sollte, ein trichterförmiges oder konisches Ansatzrohr an. Beim Anblasen dieses Apparats erhielt er einen Ton, der wie **I** klang. Wenn er nun die Mündung dieses Trichter allmälig immer mehr verengerte, so erhielt er sukcessiv die Vokale **E**, **A**, **O**, **U**. Weiter nahm Willis statt des trichterförmigen Ansatzrohrs ein cylindrisches, dessen Länge sich verändern liess. Wenn bei einer gewissen Länge des Ansatzrohrs der Apparat den Laut **I** gab, so liessen sich durch sukcessives Verlängern des Rohrs die übrigen Vokale in obiger Folge erzeugen. Bei Erzeugung von **U** ist das Rohr so lang, als die Hälfte einer Schallwelle, welche durch den Eigenton der Zunge des Mundstücks erzeugt wird. Verlängert man jetzt das Ansatzrohr noch weiter, bis zur ganzen Länge jener Schallwelle, so kommen innerhalb dieses Intervalls wieder alle Vokale zum Vorschein, nur mit abnehmender Intensität und in umgekehrter Ordnung, bis bei Erreichung der genannten Länge die Vokalisirung wieder auf **I** zurückgekehrt ist (s. auch Valentin's Physiologie I, 2, S. 399. und Kudelka Analyse der Laute S. 10).

Diese Versuche erinnern ganz unabweislich an die von J. Müller und von mir (S. 488 ff.) über den Einfluss der Rohransätze auf die Tonstufe der Kautschukapparate angestellten Versuche. So wie dort durch sukcessives Verlängern des Ansatzrohrs bis zu einer Länge, bei welcher dasselbe den Eigenton der Zunge gab, die Tonstufe allmälig bis zur tiefern Oktave herabgedrückt wurde, so wurde in Willis' Versuchen durch denselben Mechanismus die vokale Qualität des Tons von ihrer grössten Höhe bis zur grössten Tiefe gebracht, worauf in beiden Fällen bei weiterer Verlängerung des Ansatzrohrs dort die Tonstufe, hier die vokale Qualität wieder (in umgekehrter Folge) auf die vorige Höhe zurückfiel. Auffallend ist mir nur, dass einestheils Willis bei seinen Versuchen von einer gleichzeitigen Aenderung der Schwingungszahl nichts erwähnt, und dass weder mir noch meinen diesfallsigen Vorgängern bei unsern analogen Versuchen irgend etwas von einer vokalen Färbung an den erhaltenen Tonphänomenen aufgestossen ist. Jedenfalls ist die Sache einer weitern Untersuchung würdig.

b. Einfache Vokale.

A.

Ich beginne die specielle Physiologie der Vokale nicht, wie wohl nach der vorhin aufgestellten Vokaltonleiter zu erwarten wäre, mit **U**, sondern mit **A**, weil dieses den Charakter der Vokalbildung am reinsten an sich trägt. Alle Bedingungen der sprachlichen Weiterbildung der im Kehlkopf zum Ton verarbeiteten Luftsäule finden wir hier auf das vollständigste, zweckmässigste erfüllt. Die zur Bildung des **A** erforderlichen Mechanismen, welche ich, soweit es hier möglich war, auf der Fig 173 in einem senkrech-

ten Durchschnitt des Ansatzrohrs zu versinnlichen gesucht habe *), sind folgende.

1) Der ganze weiche Gaumen, wenn er bisher in seiner mittlern Lage hing, wird mittels der hintern Gaumenheber auf- und hinterwärts gezogen, so dass zwischen der hintern Pharynxwand und dem Zäpfchen nur noch eine enge Spalte bleibt, der Nasenkanal also vom Luftstrome fast ganz abgeschnitten wird.

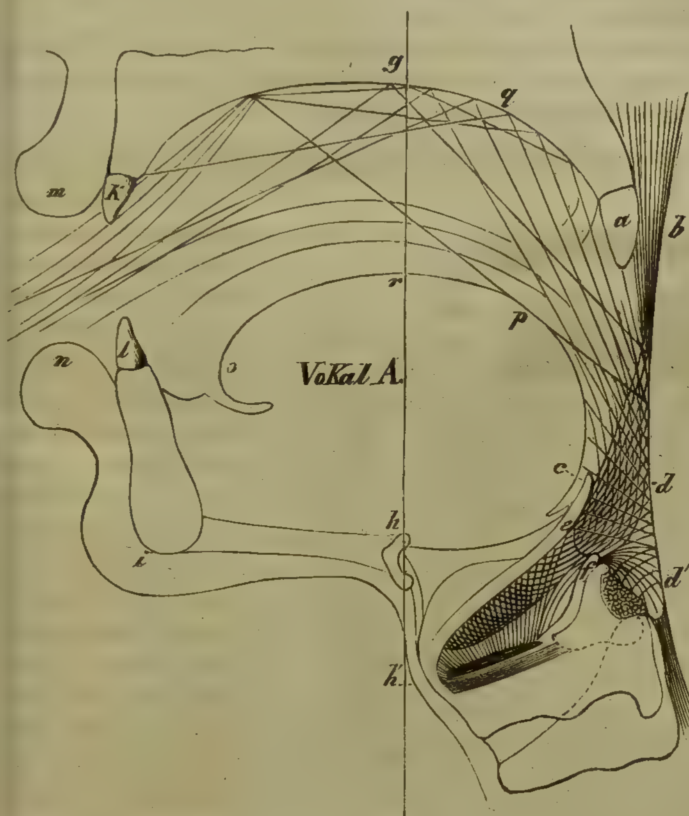


Fig. 173.

2) Die Pfeiler des hintern Gaumenbogens werden einander etwas genähert, und die Wurzel des Zäpfchens ein wenig herabgezogen, so dass

3) der Isthmus faucium etwas kleiner wird, als bei der gewöhnlichen Exspiration, und etwa die Gestalt eines gothischen Spitzbogens annimmt.

4) Die Zunge befindet sich in ihrer sogenannten Ruhe, wie bei der lautlosen, bei offenem Munde vollzogenen Exspiration: die mittlere Partie ihres Rückens wird jedoch während der **A**-Vokalisirung etwas härter und bewegt sich auch etwas nach oben und hinten, besonders wenn der Athem abnimmt. In dem Maasse, als diese Zungenbewegung vor sich geht, zieht sich auch der Isthmus von den Seiten und von oben mehr zusammen. Die Zunge steht übrigens so hoch, dass man beim Sehen in den Mund nur den obern Theil des Isthmus überblicken kann. Der Abstand der Zungenspitze von den untern Schneidezähnen beträgt etwa 10‴, der des Zungenrückens von der Gaumenwölbung etwa 15—16‴.

5) Der Abstand der Kinnladen (Schneidezähne) von einander ist der grösste, der bei der Sprachlautbildung überhaupt vorkommt; er beträgt etwa 7—8‴, wenn der bei **I** stattfindende, als der geringste 2—2½‴ angenommen wird.

6) Die Mundöffnung ist die völlig unmodificirte, natürliche, wie sie sich bei jedem andern Vorgange, welcher das Oeffnen des Mundes erfordert, von selbst darbietet. Sie ist von Kempelen durch die Verhältnisszahl 5 ausge-

---

*) Mit dieser Figur sind die in gleichem Maassstab gehaltenen Figuren für die nächsten Vokale zu vergleichen.

drückt worden, bei welcher Annahme **E** 4, **I** 3, **O** 2 und **U** 1 erhält. Die Lippen mit ihren eigenen Muskeln verhalten sich ziemlich indifferent, nur die Muskeln, welche den Unterkiefer herabziehen, sind thätig.

7) Die Stellung, welche der Kehlkopf beim **A** annimmt, ist eine mittlere, ebenso wie die Tonhöhe des stummen **A**: wir wollen sie als Nullpunkt annehmen, um für die übrigen Vokale einen Anhalt zu gewinnen. Ueber die behufs des Gesanges stattfindenden Abweichungen von dieser Stellung haben wir früher gesprochen; über die behufs dialektischer Modifikationen erforderlichen Kehlkopfstände sprechen wir später.

8) Die Luftsäule wird, wie wir früher (S. 654) gezeigt haben, erst ziemlich weit vorn am Gaumengewölbe in erheblicher Weise reflektirt, ohne dass nach der Reflexion erhebliche Interferenzen der einzelnen Luftwellen stattfinden. Auf Fig. 174, welche einen horizontalen Durchschnitt der Mundrachenhöhle darstellt, sehen wir, dass die beiderseits von der Hinterwand und den Seitenwänden reflektirten Luftstrahlen nur so viel konvergiren, als nöthig ist, um von der Zungenspitze *h h* mit der gehörigen Koncentration aus der Mundöffnung *i i i* nach Aussen zu gelangen.

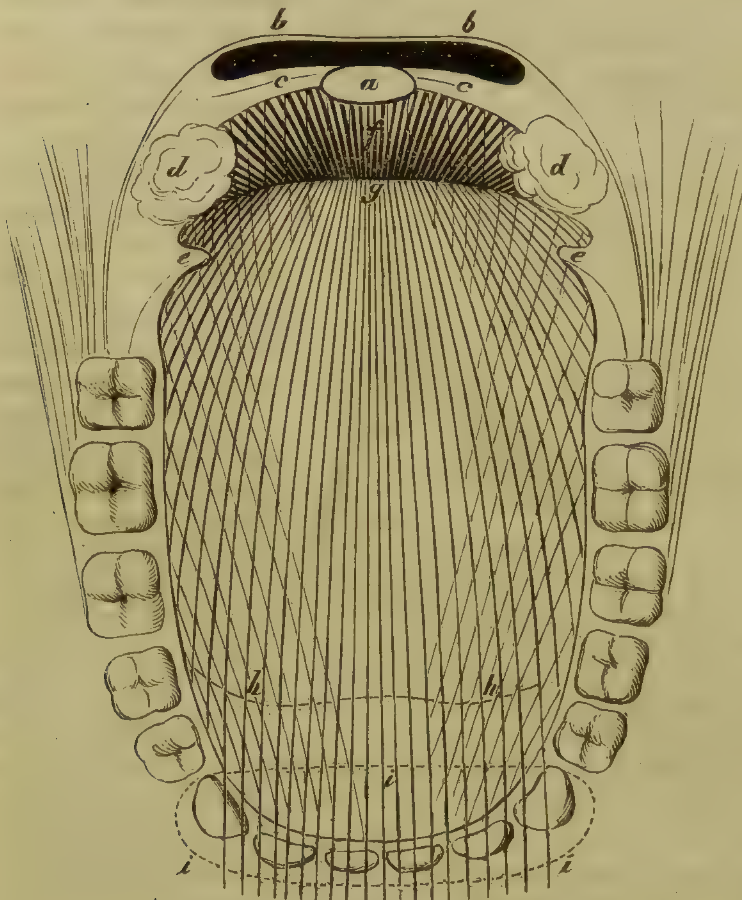


Fig. 174.

Alle wesentlichen vokal-artikulatorischen Momente stehen beim **A** in gleichem Verhältnisse. Wird das eine beschränkt, so beschränken sich auch die übrigen und setzen sich in das entsprechende Verhältniss. Wird also die Mundöffnung kleiner genommen, so wird auch die Rachenöffnung kleiner, indem sich die Zunge mehr hebt, das Velum mehr senkt u. s. w. Die Grade der Stärke oder Lautbarkeit des **A** werden also, ausser dem entsprechenden Druckgrade der Exspirationsmuskeln, durch die Veränderungen in der Räumlichkeit des Ansatzrohrs hervorgebracht, von denen die Erweiterung des Mundes und die vermehrte Divarikation der Kinnladen am meisten in die Augen fällt. Je breiter die veränderlichen Lumina

des Ansatzrohrs sind, desto breiter das **A**: laut und voll wird es erst, wenn der Exspirationsstrom ein entsprechend voluminöser und koncentrirter ist.

Das **A** ist der am vollsten, reinsten und schönsten klingende Vokal, der daher beim Gesang die bedeutendste Rolle spielt. Die sogenannten Solfeggien werden aus diesem Grunde auf den Vokal **A** gelegt. Kein Vokal lässt sich im Gesange mit so viel Wirkung halten und markiren, wie dieser, und es verräth stets einen Mangel an Geschmack und Geschick von Seiten des Komponisten, wenn er hochliegende, auszuhaltend eund sonst hervorzuhebende Noten einem andern Vokal, als dem **A** unterlegt, so wie es auch ein Grund- und Kardinalfehler eines Uebersetzers lateinischer oder italischer Musiktexte ist, wenn er ein solches bedeutungsvolles **A** in seiner Uebertragung in **u** oder **i** umwandelt.

Da das **A** der Inbegriff der vollen Vokalisation oder Tongebung ist, da in ihm die im Kehlkopf zum Urtönen gebrachte Luft am vollständigsten und reinsten, das heisst, mit den wenigsten Mitteln, zu einem specifischen Sprachlaut umgebildet erscheint, so besitzt es eigentlich, als Naturlaut betrachtet, keine eigentlich sozunennende psychische Färbung, indem es, ebenso wie das Weisslicht, alle Farben in sich vereinigt. Der Ausruf *Ah* kommt aus einem unbewegten, in ruhigem Anstaunen versunkenen, sich, so wie es ist, hingebenden Gemüthe; *Abba*, *Papa*, *Mama*, nennt das Kind den ersten und liebsten Gegenstand, zu dem es sich hingezogen fühlt. **A** ist der wahrste Naturlaut: eine Sprache ist desto natürlicher, einfacher, wohlklingender, singbarer, je mehr sie den **A**-Laut vorherrschen lässt.

Der anatomisch-physiologische Spielraum, innerhalb dessen sich das **A** bewegt, ist gerade aus diesem Grunde ein sehr beschränkter. Die gegenseitigen Verhältnisse der artikulatorischen Motive müssen weit genauer, als bei vielen andern Sprachlauten, festgehalten werden, soll nicht der **A**-Laut sofort eine Trübung oder falsche Färbung erleiden. Indessen ist bei der natürlichen Sprache nicht leicht ein Umlaut in einen andern Vokal zu befürchten, da dieser Vokal, als einer der ersten, die das Kind pronunciren lernt, den Sprachorganen so geläufig wird, wie etwa die zum Heben des Schenkels erforderlichen Muskelassociationen. Es behält daher das **A** seinen ihm eigenthümlichen Charakter in allen Kombinationen mit andern Sprachlauten. Während die auf den Extremen der Vokalisation stehenden Laute **i** und **u** bereits den Uebergang zum Konsonantismus bilden, findet beim **A** etwas dem Aehnliches nicht statt, wofern nicht das hebräische ע hierher zu rechnen ist, was nach meinem Erachten in gleicher Weise eine konsonantische Beimischung zum **A**-Laute bezeichnen soll, als י eine dergl. zum **I**-Laute und ו eine zum **O**- und **U**-Laute.

Ueber die Fehler, welche bei der Bildung des **A** vorkommen, so wie über die Irrthümer, in welche mehrere der bisherigen Phonologen und Gesangtheoretiker verfallen sind, als sie den Mechanismus dieses Vokals darzustellen versuchten, werden wir geeigneter erst dann sprechen können, wenn wir die Physiologie sämmtlicher Vokale beendigt haben werden.

Von **A**, als dem Normalvokal, aus lassen sich die ferneren vokalen Artikulationen nach zwei Richtungen und Endpunkten hin verfolgen, nach **I** und nach **U**: nach **I** durch **Ä** und **E**; nach **U** durch å und **o**; beide Endpunkte **I** und **U** haben ebenfalls einen Uebergangs- oder Vermittelungspunkt in **Ü**, und die beiden Zwischenvokale **E** und **O** einen desgleichen in **Ö**. Die von **A** physiologisch am weitesten entfernten Vokale sind also **I**, **Ü**

und **U**. Diese Extreme berühren sich mit **A** in den Diphthongen **ai**, **aü** und **au**, und ausserdem verbinden sich letztere Vokale mit **o** zu **oi**, **oü** und **ou**. Diese gesammten Vokalverwandtschaften lassen sich durch Fig. 175 versinnlichen; oder man mache sich daraus, wenn man will, zwei Figuren, eine (Fig. 176) für die einfachen, die andere (Fig. 177) für die zusammen-

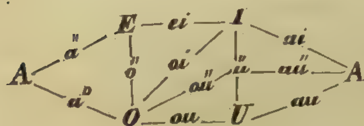


Fig. 175.

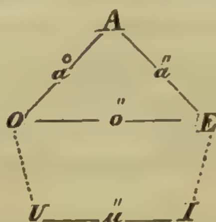


Fig. 176.

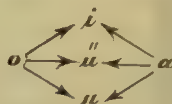


Fig. 177.

gesetzten Vokale: Diphthongen sind also: **ai**, **au**, **aü**; **oi**, **ou**, **oü**. Ob es ausserdem noch andere Diphthongen gebe, werden wir später untersuchen.

Vokalstufen zwischen **A** und **I**: **Ä** und **E**.

Ae.

Bei der Bildung des **Ae** finden folgende Unterschiede vom **A**-Mechanismus Statt.

1) Die Gaumendecke wird zwar im Allgemeinen nicht höher gehoben, als für das **A**, wohl aber wird sie durch den M. circumflexus palati mehr gespannt: es bildet sich in der vordersten Zone des weichen Gaumens, da wo er am harten Gaumen angeheftet ist, eine nach oben sehende Aushöhlung oder Ausfurchung, die man bei guter Beleuchtung, besonders bei Kerzenlicht, deutlich wahrnimmt, wenn man abwechselnd **A** und **Ä** pronuncirt. Vielleicht hat auch der vordere Gaumenheber Tourtual's, wenn er wirklich vorhanden ist, an der Bildung des **ä** Antheil. Die Stellung des Zäpfchens bleibt dabei ungeändert.

2) Der Isthmus faucium erweitert sich, das heisst, die beiden Pfeiler, welche die Rachenöffnung zwischen sich lassen, werden seitwärts auseinander gezogen, ohne dass sich ihr Abstand von der hintern Wand des Schlundkopfs merklich ändert, und ohne dass das Zäpfchen oder die bewegliche Gaumendecke eine andere Stellung, als bei der Bildung des **A**, annimmt. Diese Erweiterung des Isthmus faucium ist besonders merklich und mit Augen zu sehen, wenn man die Zunge mit dem Finger herabdrückt und nun den Vokal **Ä** pronuncirt. Doch ist sie auch bei Personen, denen die obern Schneidezähne fehlen, ohne diese Zungenniederdrückung wahrnehmbar, was für diejenigen, welche etwa glauben möchten, diese Erweiterung sei nur ein künstlich hervorgerufener, durch die veränderte Zungenlage bedingter Akt, ausdrücklich bemerkt wird. Dabei ist aber die Isthmusöffnung immer noch etwas kleiner, als im Indifferenzzustand.

3) Die Zunge hebt sich noch mehr, als beim **A**, zunächst mit ihrem mittlern Theile, sie wird also mehr gewölbt, und dabei auch etwas länger, indem ihre Spitze, welche übrigens ihre tiefe Lage beibehält, sich ein Stück

den Schneidezähnen der Unterkinnlade nähert, doch gewöhnlich noch etwa 1—2‴ von denselben entfernt bleibt. Dabei entfernt sich auch der hintere Theil des Zungenrückens etwas vom Gaumensegel, so dass der Kanal oder die Spalte zwischen Gaumenpfeilern und Zungenrücken weiter wird. Der Abstand des Zungenrückens, wo er am höchsten steht, von der Wölbung des harten Gaumens beträgt etwa 10—11‴, er kann aber auch, wenn das **ä** gellender oder dem **e** ähnlicher wird, weit weniger betragen. Die Seitenränder der Zunge legen sich zwischen beide Zahnreihen und kommen so den Backen ziemlich nahe, zumal da diese sich einwärts ziehen und so der Zunge entgegenkommen. Je mehr das **ä** markirt oder affektirt pronuncirt wird, wie beim Lachen, desto mehr wird die Zunge vorgestossen und kommt dann mit den Zähnen förmlich zur Berührung.

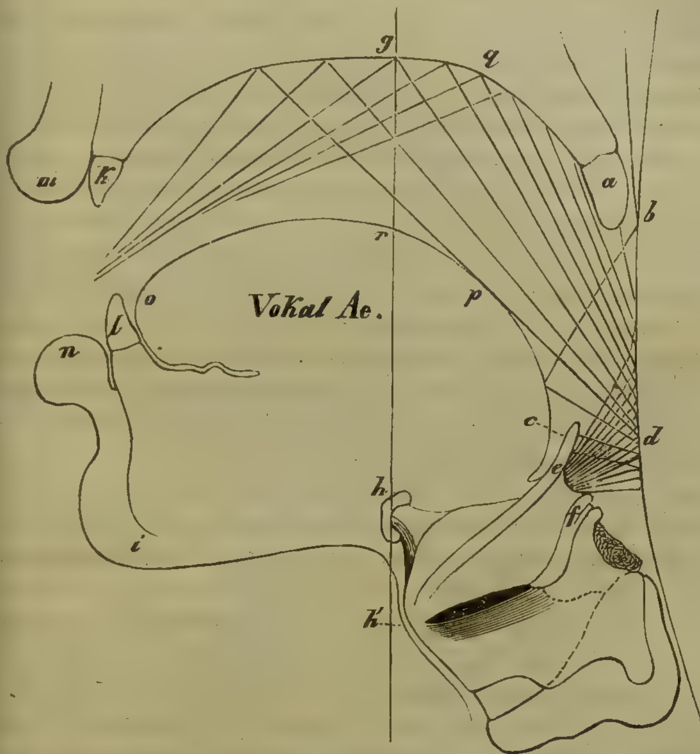


Fig. 178.

4) Die äussern Weichtheile können sich bei der Bildung des **ä** in einem ziemlich grossen Spielraum bewegen. Man kann das **ä** bei völlig derselben Mundstellung, die für das **A** erforderlich ist, bilden; man wird aber, sobald man es mehr markiren will, immer nöthig haben, die Mundwinkel etwas nach aussen, nach hinten und oben zu ziehen, wodurch die Lippen etwas mehr gespannt und zurückgezogen werden, und sich enger an die Schneidezähne anlegen. Dadurch wird der ganze Mundkanal etwas verkürzt. Von den Mundwinkeln aus nach oben und unten bilden sich die charakteristischen Falten und Furchen. Am grellsten treten diese mimischen Phänomene hervor, wenn man auf **ä** lacht. Hier werden die Mundwinkel scharf nach hinten gezogen, die Lippen gespannt und schmäler, der ganze Mundspalt enger, folglich auch der ganze Mund näher der Nase zugerückt. Dabei bildet sich durch die Kontraktion des M. levator anguli oris alaeque nasi die bekannte Furche zwischen Nasenflügel und Mundwinkel, die sich an die Furche, welche sich vom Mundwinkel herab zieht, anschliesst.

5) Die Entfernung der beiden Kinnladen von einander ist für das **ä** ziemlich dieselbe, caeteris paribus etwas weniger betragend, als für das **a**. Ein bestimmtes Maass für diesen Abstand lässt sich nicht angeben: es ist immer

relativ. Im Allgemeinen richtet sich die Divarikation der Kinnladen beim Sprechen nach dem Maasse der im Kehlkopfe in Klang gesetzten Luft. Man kann also beim Lautsprechen für **ä** genau dieselbe Kieferöffnung haben, wie sie für das **a** hinreicht, wenn dieses weniger laut intonirt wird. Zu bemerken ist jedoch, dass die Kieferöffnung von mimischen Einflüssen weit weniger modificirt wird, als die Mundöffnung.

6) Der Kehlkopf steht etwa 2 bis 3‴ höher, als beim **a**; am Zungenbeine und den sich daran inserirenden Muskeln kann ich dagegen keine merkliche Veränderung wahrnehmen. Demnach wird der Kehlkopf weniger durch die Zungenbeinheber, als durch Verkürzung des M. hyothyreoideus aufwärts gezogen, und dadurch die Apertur des Kehlkopfs verengert, weil die Stellung der Epiglottis bei diesem Aufwärtszuge nicht mit verändert wird.

7) Der aus dem Kehlkopf ausfahrende Luftstrom muss unter diesen Umständen weniger dick, aber koncentrirter ausfallen, als beim **A**. Wegen des verhältnissmässig tiefer stehenden Kehldeckels treffen die tönenden Luftwellen unter spitzigern Winkeln auf die hintere Ansatzrohrwand auf, und werden also auch unter mindergradigen Auffallswinkeln zurück in die Mundhöhle geworfen, aus welchem Grunde auch die hintere Portion der Zunge weniger gewölbt wird, als bei der Pronunciation des **A**. Die an der Gaumenwölbung und an den Seitenwänden der Mundhöhle reflektirten Wellen fallen in einer von der horizontalen mehr abweichenden, merklich nach unten (nach dem Kinn zugekehrten) Richtung zum Munde aus, wobei die (unter diesen Umständen störende) Brechung an den untern Schneidezähnen durch die vorgeschobene Zunge abgehalten wird.

Das **Ä** hat, wie schon aus dieser Darlegung seines Mechanismus hervorgeht, einen weit grössern physiologischen Spielraum, als das **A**; gleichwohl ist es ein selbsständiger, reiner Vokal, dessen charakteristischer Klang zunächst von der Stellung der Organe, die den Mundkanal bilden, besonders von der Hebung der Zunge, abhängt. Obgleich **ä** zwischen **a** und **e** liegt, so hat es doch mit dem **a** im Allgemeinen weniger Verwandtschaft, als mit dem **e**, wenn auch die englische Sprache in ihrer Schrift ein **a** besitzt, welches wie **ä** ausgesprochen wird. Wir haben es aber hier nicht mit der Schrift, sondern mit der Natur zu thun.

Bei dem **Ä** ist also der Mundkanal (gegen das **A**) in seinem hintern Theile erweitert, im mittlern verengt, so dass der ganze Kanal allenthalben so ziemlich gleiche Tiefe erhält, und dieses Element ist durchaus specifisch und bei keinem andern Sprachlaut wiederzufinden. Die Apertur der Kinnladen und Lippen kann dabei ganz dieselbe sein, wie beim **A**: dann nähert sich der **Ä**-Laut etwas mehr dem **A**; oder diese beiden Elemente, besonders das letztere, sind mehr oder weniger, wie beim **E** beschaffen, dann wird auch der **ä**-Laut mehr dem **E** ähnlich werden, ohne dass er dadurch das Geringste von seiner Eigenthümlichkeit einbüsst. Es ist demnach ganz falsch und naturwidrig, das **ä** (nebst **ö** und **ü**) für einen Mischvokal*) anzusehen, und es in der Schrift durch zwei Zeichen auszudrücken. Uebrigens erklärt es sich aus dem von mir Gesagten, warum das **ä** in den verschiedenen Sprachen bald durch **a**, bald durch **ae**, bald durch **ai**, bald

---

*) Angermann (a. a. O. Seite 17.) nennt diese 3 Vokale Nebenvokale; Kudelka (a. a. O. S. 25.) nennt sie getrübte Vokale, und verweist sie (S. 58) auf den zweiten „Schauplatz“ der Sprachlautbildung. S. w. u.

durch **e** u. s. w. ausgedrückt wird. Andere Bezeichnungen waren nämlich nicht gut möglich, wenn man nicht ein einfaches, selbstständiges Zeichen dafür erfinden wollte. Dass das **ä** im Englischen gewöhnlich durch **a** ausgedrückt wird, hat vielleicht darin seinen Grund, dass die Engländer wegen des feuchten sonnenarmen Himmels, der ihr Land bedeckt, zu Rachen- und Tonsillenanschwellungen sehr geneigt sind, und daher ihren Isthmus faucium für gewöhnlich nicht so weit erweitern können, als es für das laute, gellende **ä** erforderlich ist. Doch soll dies weiter nichts, als eine Vermuthung sein. Ebenso wenig getraue ich mir zu entscheiden, ob die alten Griechen ihr αι stets wie **ä** ausgesprochen haben, oder ob sich nicht bei ihnen ebenso, wie bei uns mit demselben Doppelvokal (**ei**) geschieht, nach der verschiedenen Bildungs- und Gesittungsstufe verschiedene (feinere und gemeinere) Pronunciationen bildeten. Das hochdeutsche **ei** (richtiger: **ai**) wird bei uns im vulgären Dialekt auch in der Regel **e** oder **ä** ausgesprochen, warum sollte bei den alten Griechen nicht etwas Aehnliches haben stattfinden können?

Damit soll aber nicht behauptet werden, dass das **ä** an sich ein gemeiner, unästhetischer Sprachlaut sei, wie denn überhaupt in sprachlicher Hinsicht die Begriffe von schön und gemein sich stets nach der nationellen Uebereinkunft gestalten müssen. Vielmehr halte ich mich für berechtigt, zu behaupten, dass der **ä**-Laut, eben weil es ein durchaus natürlicher, selbstständiger Vokal ist, auch seine eigenthümliche psychologische Bedeutung hat, und in dieser Hinsicht durch keinen andern ersetzt werden kann. **Ä** ist nach dem **A** der vollste, lauteste Vokal, der sogar noch mehr Schärfe und Ausdruck erhalten kann, als das an sich offenbar farblosere **A**: es ist ein Sprachlaut, der sich so recht eigentlich im Leidenschaftlichen bewegt, aber kein Ausdruck des gebeugten, niedergedrückten Gemüths, sondern ein lebenskräftiger, zwar etwas gepresster, aber dadurch nur geschärfter Ausbruch dessen, was die Seele bewegt. So lässt nicht ohne Grund Wieland seine Abderiten *Hä Hä* lachen nicht *Ha Ha*. Das ganz einfache, etwas gedehnte **ä** ist Ausdruck des Schmerzes, der die Seele drängt und den Körper zusammenschnürt, aber nicht überwältigt. Es ist ein grosser Unterschied zwischen *Ächzen* und *Stöhnen*. Bei der begrifflichen Verwendung des **ä** findet oft etwas Aehnliches Statt. Man vergleiche z. B. *ätzen, sperren, zerren,* (das **e** lautet hier wie **ä**) *lärm* (das doch etwas Anderes ausdrückt, als das französische *alarme*), *rädern* u. a. m.

Das **ä** wird in den verschiedenen Sprachen auf verschiedene Weise bezeichnet. In unserer deutschen Sprache sprechen wir sehr oft das geschriebene **e** oder **eh** vollkommen wie **ä** aus, obwohl sich hier oft auch eine dialektische Verschiedenheit Kund giebt. Es lassen sich hier nicht leicht Regeln über die Aussprache solcher schwankender Silben geben. Richtiger ist es z. B. jedesfalls, *Neger* auszusprechen, als *Näger*, damit die alte Form *Negro, Nero* auch in der Aussprache wiedererkannt werde; dagegen ist es gewiss nicht zu missbilligen, wenn man *Regen* (die herabfallenden Wassertropfen) *Rägen* ausspricht, deshalb, weil wir in unserer Sprache schon ein *Regen* (*regsam, erregbar*) besitzen. Noch schlimmer ist es mit *sehen* und *säen*, wo der meissener Dialekt beide Vokale geradezu mit einander verwechselt. In den andern Sprachen wird es ziemlich ebenso gehalten. Die Griechen haben αι und η, von denen das erstere selbst in der Blüthe Griechenlands wie **ä** ausgesprochen worden zu sein scheint, die Römer **ae**, die Italiäner haben gar kein

Zeichen für **ä**, die Franzosen **ai**, **oi**, **è**, die Engländer **ài** oder **à**, die semitischen Sprachen helfen sich durch untergesetzte Zeichen (Segol, Fatha u. s. w.). Ueber die Verhältnisse des **ä** zum **e** werden wir, wenn wir die Physiologie des **e** betrachtet haben werden, genauer sprechen.

E.

Das **E** steht in ziemlich starkem Verwandtschaftsverhältnisse zu **Ä**, hat ebenfalls einen breiten physiologischen Spielraum, und ist daher in der Schrift der verschiedenen Sprachen in eine ziemliche Anzahl von Modifikationen zerspalten worden. Es wird nicht schwer fallen, auf physiologischem Wege die streitenden Parteien der Grammatiker unter einander zu vermitteln, und die schwankenden Ansichten derselben auf feste Naturgesetze zurückzuführen.

1) Wie der weiche Gaumen und der Isthmus faucium bei der Bildung des **E** beschaffen sei, lässt sich nicht beobachten, da er von der Zunge vollständig bedeckt wird. Wahrscheinlich weicht seine Gestalt und Anordnung wenig von der ab, die er beim **Ä** annimmt. Meinem Zeigefinger, den ich zu diesem Behufe in die Mundhöhle führte, kam es während der **E**-Bildung vor, als ob das Gaumensegel etwas mehr nach auf- und rückwärts gezogen würde. Auch nach Valentin (§. 3162) hebt sich das Gaumensegel und das Zäpfchen in die Höhe: letzteres scheine sich bisweilen weniger stark aufzurichten und minder schief nach vorn zu stellen, als bei Angabe des **A**.

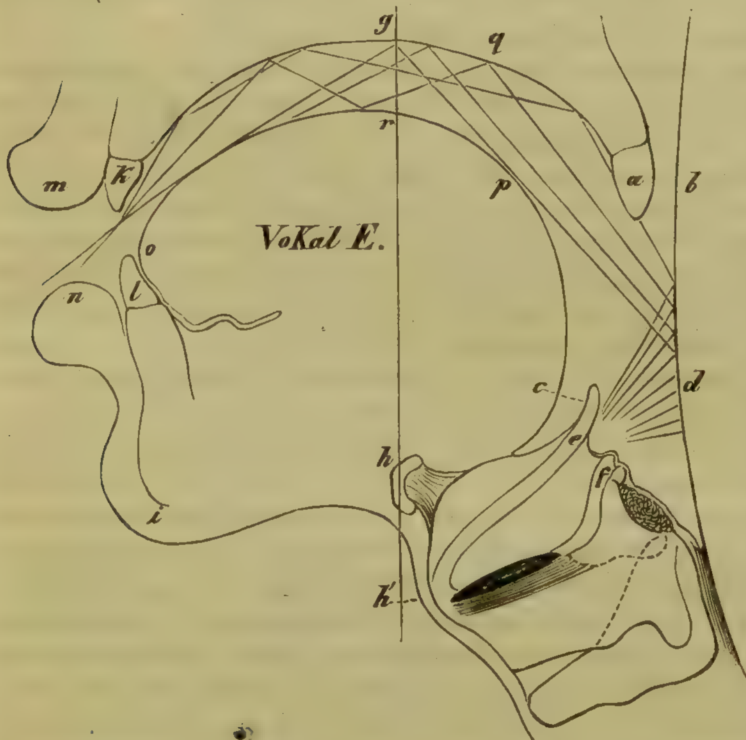


Fig. 179.

2) Die Zunge behält zwischen sich und den Gaumentheilen, die den Isthmus bilden, ziemlich dieselbe Distanz bei, die sie beim **Ä** hat. Aber ihr mitteler Theil wird weit mehr gewölbt, und auch die vordere Partie gehoben, so dass der kleine Finger, zwischen Zunge und Gaumen gebracht, allenthalben, am meisten an der Stelle der Anheftung des weichen Gaumens, gedrückt wird. Die Ränder der Zunge legen sich gleichfalls an die Seitenwände der Mundhöhle an; sie berühren beiderseits die hintern Oberbackenzähne und Kegelzähne (vordern Backenzähne), so jedoch, dass die äussersten Ränder der Zunge an den Unterzähnen liegen bleiben. Es entsteht auf diese Art ein durchschnitt-

lich 3—4''' weiter, etwa 15—16''' breiter, in seiner Breite nach der Richtung des Zungenrückens schwibbogenförmig gekrümmter Spalt als Mundkanal. Die Zungenspitze wird weiter vorgeschoben, als bei **ä**, liegt für gewöhnlich ziemlich fest an den Schneidezähnen des Unterkiefers, und krümmt sich hinter denselben etwas aufwärts, doch ohne sie merklich zu überragen. Uebrigens ist diese Lage der Zungenspitze nichts Wesentliches, man kann sie, wie bei **a** und **ä** zurückschieben, ohne dass der **E**-Laut beeinträchtigt würde. — Man kann bei einer und derselben Zungenkrümmung, wobei die Spitze der Zunge gegen die untern Schneidezähne gestemmt und der vordere Zungentheil muldenförmig ausgehöhlt ist, **ä** und **e** erzeugen, wenn man für **e** den mittlern Theil der Zunge gegen die höchste Gaumenwölbung hebt, bei **ä** sinken lässt. Dazu ist aber auch durchaus erforderlich

3) die Hebung des Unterkiefers: der Abstand beider Kiefer von einander ist ein gutes Stück geringer, als bei **Ä** und **A**. Konnte man bei derselben Kieferöffnung, die für **A** erforderlich war, **Ä** erzeugen, wenn man nur den Zungenrücken gehörig hob, so muss man jetzt, um **E** zu erzeugen, durchaus noch die Kieferöffnung verringern, also die Unterkinnlade ein Stück emporheben. Dieses artikulatorische Element ist für **E** mindestens ebenso specifisch, als die weitere Erhebung der Zunge, welche doch immer, so zu sagen, etwas Relatives darstellt und nach den verschiedenen Lautbarkeitsgraden verschieden ausfällt. Aber das Heben des Unterkiefers ist, wenn auch Valentin (§. 3163) anderer Meinung ist, unter allen Umständen das wesentliche Mittel, was den Unterschied zwischen **Ä** und **E** erzeugt, und von welchem die Verengerung des Mundkanals zum grossen Theile mit bedingt wird. Auch

4) die Verengerung der Mundspalte hängt lediglich von der Kieferhebung ab, die Lippenstellung ist im Uebrigen ganz dieselbe, wie bei dem **Ä**; die Mundwinksl sind also bei dem einfach und ruhig pronuncirten **E** etwas divarikirt, die Oberlippe etwas gehoben.

5) Der Kehlkopf steht bei der Pronuncirung des **E** etwas höher, als bei **A**: ein Vorwärtsziehen desselben sammt dem Zungenbein findet ebenfalls, wenn auch nicht in beträchtlichem Grade statt.

6) Die dem Kehlkopf entströmende, noch mehr als bei **Ä** eingeengte Luftsäule fällt abermals spitzwinkliger auf die Fangrohrwand, und wird von derselben auf den hintern Theil des Zungenrückens, so wie auf das hintere und mittlere Dritttheil der ganzen Gaumenwölbung geworfen, von welchen Flächen aus dieselbe nach 0, 1 oder 2 neuen Reflexionen zur Mundöffnung austritt, ziemlich eben so koncentrirt, als beim Austritt aus dem Kehlkopf.

Dies sind im Allgemeinen die mechanischen Bedingungen zur Bilduug des **E**, welche zugleich den Unterschied desselben vom **Ä** (und **Ö**), aber auch seine Verwandtschaft mit diesen Vokalen bezeichnen. Nun finden wir aber in den Sprachen den **E**-Laut auf verschiedene Weise verwendet und schriftlich ausgedrückt. Am genauesten scheinen und glauben in letzterer Hinsicht die Franzosen zu verfahren. Diese unterscheiden ein stummes **E**, ein geschlossenes (*fermé*), ein offenes (*ouvèrt*) und ein gezogenes **e** (*avec circonflexe*): z. B. *pĕtitĕ, fermé, ouvèrt, grêle.* Im Deutschen begnügen wir uns mit **e**, **ee** und **eh**. In *Ehre* entspricht das **Eh** dem **e** *fermé*, das Schluss-**e** soll ein stummes sein; in *wenig* sollen wir ebenfalls ein **é**, in *Zelt, eng* ein **è**, in *leben* ein **ê** haben u. s. w. Wir müssen über den Mechanismus dieser verschiedenen Unterarten des **E** noch Einiges bemerken.

Vor allen Dingen dürfen wir nicht glauben, dass durch die verschiedenen Akcente, welche die Franzosen über ihr **e** setzen, zunächst ein physiologischer Unterschied für die Aussprache angedeutet werden soll. Der *Accent aigu* dient nur, um anzuzeigen, dass das **é** wirklich gehört werden, nicht stumm bleiben oder kurz abgefertigt werden soll; der *Accent grave* zeigt an, dass das **è** entweder ursprünglich wie αι oder wie η gelautet hat, z. B. *Grèce, théorème;* der *Circonflexe* endlich zeigt an, dass ein Buchstabe ausgefallen ist, z. B. *prêtre* (prestre), *être* (estre) u. s. w. Auch sind ja diese Akcente gar nicht dem **e** eigenthümlich, sondern gehören den übrigen Vokalen ebenso gut an, als dem **e**.

Das stumme **E** (von den neuesten Sprachlautlehrern Angermann und Kudelka ganz ignorirt) spielt in den Büchern und sprachlichen Urkunden eine grosse Rolle. Im Hebräischen heisst es *Schwa mobile,* Olivier nennt es *Stimmer,* Rapp *Urlaut,* Bindseil hält es für den indifferenten, nicht individualisirten Vokal, aus dem sich der ganze Vokalismus der menschlichen Sprache herleiten lasse. Er entsteht nach Letzterem, wenn der Athem den Sprachkanal durchzieht, ohne dass dieser auf irgend eine Weise thätig auf ihn einwirkt, sondern dem Athem eine ganz freie Durchgangsröhre darbietet. Die Choanen sind, fährt er fort, geschlossen, die Zunge niedergelegt und die Lippen haben ihre natürlichste Lage. Bei dieser völligen Wirkungslosigkeit der Sprachorgane geschieht während des Durchgangs der Luft nichts weiter, als dass diese durch das allgemeine Reiben an den Wänden des Rachens und des Mundes und ihrer eigenen Theile unter sich in solche Schwingungen versetzt wird, dass ein gleichsam formloser Schall entsteht u. s. w. Nach Bindseil ist dieser sogenannte Urlaut also durchaus nicht allemal ein stummes **e**, sondern er kann auch unter gewissen Bedingungen sich dem **a**-, **o**- oder **u**-Laut annähern. Im Englischen sollen die meisten „tonlosen“ **a** und **e**, wie auch **o** und **u** diesen Laut bekommen, so namentlich der unbestimmte Artikel, der übrigens im hoch- und niederdeutschen Volksdialekt ebenso klingt als im Englischen. Nach Rapp hat das kurze **u** im Englischen und zwar in betonten Silben (*but, nut*) diesen Laut. In Volksdialekten findet man ihn gleichfalls öfters in selbstständigen Wörtern, z. B. in *m'r*|, wenn es für *man* oder *mir* der hochdeutschen Schriftsprache gesprochen wird. In vielen, besonders slavischen und magyarischen Worten wird es schriftlich gar nicht ausgedrückt, z. B. *Przemysl, Hyrtl, Vogl* u. s. w. Häufig wird es auch einem Endkonsonanten bei der Aussprache angehängt, ohne dass es in der Schrift bezeichnet wird.

Forschen wir unbefangen und ohne uns durch irgend welche Auktoritäten in Vorurtheile schmieden zu lassen, nach der Natur dieses sogenannten Urlauts, alle den gelehrten Suppellex eines Lepsius', Bindseil's u. A. bei Seite liegen lassend, so wird sich uns bald ergeben, dass dieser so schrecklich bedeutungsvolle „Urlaut“ eigentlich gar nichts weiter zu bedeuten hat, als ein zufälliges, nur von den Umständen gebotenes Erleichterungsmittel zur Verbindung zweier Artikulationen, die einander nicht hinlänglich verwandt sind, oder zum Uebergang einer Artikulation in den tonlosen Hauch.

Wollen wir nämlich zwei heterogene Konsonanten mit einander verbinden, oder einen am Schluss einer Silbe stehenden Konsonanten in den tonlosen Exspirationshauch übergehen lassen, so findet zwischen diesen beiden Mechanismen ein Zwischenzustand, eine Uebergangsbewegung der dabei be-

theiligten Organe statt, während welcher die Exspiration natürlich fortdauert. Die Artikulationsorgane müssen, wenn sie z. B. **k** gebildet haben, nothwendig wieder in einen gewissen Ruhe- oder Indifferenzzustand zurück kehren, damit sie nun eine neue Artikulation, z. B. **l** erzeugen können. Sonst würde die eine Artikulation von der andern gar nicht mittels des Gehörs unterschieden werden können, eine würde mit der andern verfliessen, weil die 2. gar nicht vollständig gebildet werden kann, und es würden dadurch beide unverständlich werden. Es vergeht also zwischen 2 solchen Artikulationen, die ohne einen vollklingenden Zwischenvokal aneinander gefügt werden sollen, nicht nur allemal eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit, sondern die Artikulationsorgane, namentlich die Zunge, müssen auch während dieser Zeit von der einen Artikulationsbewegung zur andern in einen Mittelzustand gerathen, der eben beide Mechanismen als selbstständige Artikulationen von einander scheidet.

In diesem Mittelzustande gerathen nun die Artikulationsorgane auf einen Augenblick immer so ziemlich in die Lage, wie sie zum **E**, (zuweilen zum **I**) erforderlich ist. Da nun die Exspiration während dieser Zwischenzeit nicht aussetzt, sondern fortdauert, die Stimmritze des Kehlkopfs aber nicht phonisch verengt wird, so muss auch, wenn auch kein Ton-, doch wenigstens eine Art Schall-Phänomen dabei stattfinden, welches nun eben kein anderes sein kann, als ein stummes **E**, also ein **E**-Geräusch ohne Mitwirkung der Stimmbänder. Je nachdem aber die Verwandtschaft der einen Artikulation zur andern geringer oder grösser ist, das heisst, je mehr oder weniger die Sprachorgane für die geforderten beiden Artikulationen ihre Lage ändern, desto merklicher oder unmerklicher wird der Uebergang ausfallen, desto länger oder kürzer die Zwischenzeit dauern, desto mehr oder weniger wird von jenem stummen **e** gehört werden. So wird dasselbe in **gr** fast gar nicht, in **pt** aber sehr deutlich zur Wahrnehmung kommen, eben weil der Mechanismus des **g** von dem des **r** sich nur wenig, der des **p** aber von dem des **t** sich sehr merklich unterscheidet, wie wir dies später noch deutlicher einsehen werden. Auf ähnliche Art pflegen wir, wenn ein stummer Konsonant eine Endsilbe, besonders eine betonte, schliesst, ein solches stummes **E** hören zu lassen, mag nun die Exspiration darauf wieder in ihren ruhigen, indifferenten Fluss zurückkehren, und zu diesem Behufe der Mund wieder geschlossen werden, oder mag eine neue Artikulation die Rede fortsetzen. Wir sehen und beobachten an uns selbst, dass wir stets nach Aussprechung einer solchen Endsilbe, auch wenn wir den Mund nun schliessen wollen, um entweder aufzuhören, oder um neu zu inspiriren, doch dies nicht in demselben Augenblicke thun, welcher auf die Artikulation folgt, sondern ihn noch wenigstens Einen Augenblick offen behalten, um den Sprachorganen Zeit und Raum zu lassen, aus der Artikulation in den Indifferenzzustand zurückzukehren, was ebenfalls von einem stummen **e** begleitet ist. Beispiele: *Hut, Lauf, Hass, ab* u. s. w. Ist dagegen der Endkonsonant ein Halbvokal, wie **m**, **n**, **l**, **r** (nicht aber **w**), so steht es in unserem Belieben, ob wir ein stummes **e** nachlauten lassen wollen, oder nicht. Nach unbetonten Endsilben fehlt aber das stumme **e** regelmässig, wenn der Endlaut ein Halbvokal ist. Der Grund davon liegt darin, dass nach einem stummen Konsonanten, wo der Exspirationsstrom ganz oder grossentheils unterbrochen ist, sich ein erhöhtes Bedürfniss nach Exspiration herausstellt, welchem eben durch das stumme **e** Genüge geleistet wird, wäh-

rend nach einem Halbvokal dieses Bedürfniss nicht stattfindet. — Zuweilen wird das stumme **E** fehlerhaft gebildet und **o** dafür gesetzt, z. B. *P*^{o}*salm*, *g*^{o}*rade* u. s. w.

Dies ist also das wahre stumme **E**. Aber die Grammatiker sind gewohnt, auch in vielen Fällen ein stummes **E** zu statuiren, wo es laut ist. Wenigstens tragen mehrere Sprachlehrer kein Bedenken, das französische **e** *muet*, was freilich oft genug auch im Munde der Franzosen laut wird, das heisst mit Stimmbänderschwingungen pronuncirt wird, mit dem **e** in den kurzen Silben deutscher Wörter zu vergleichen, z. B. *gĕradĕ, Ellĕ, Bĕdenkĕn, lĕbendig* u. s. w. Dies ist aber, wenigstens wenn die Pronunciation eine vollständige ist, kein stummes, sondern bereits ein lautes **E**, zu welchem wir jetzt übergehen wollen.

Wir haben vom physiologischen Standpunkte zwei Stufen oder Modifikationen des lauten **E** zu unterscheiden.

1) Das reine **E**;

2) Den zwischen dem reinen **E** und dem **Ä** liegenden Sprachlaut, das Umlaut-**E**.

Beide Modifikationen können auf dreierlei Art vorkommen: a) kurz oder unbetont, b) scharf oder betont, und c) lang oder gedehnt.

Zu 1. a). Das reine **E** kommt als kurzer, unbetonter Sprachlaut, z. B. in den vorhin angeführten deutschen Beispielen vor, *gĕradĕ, bĕdenkĕn* u. s. w. In der französischen Sprache fällt es mit dem stummen **e** zusammen. Im Hebräischen wird es durch Chateph-Segol ◌ֱ ausgedrückt.

b) Das scharfe, kurze **E** erscheint betont z. B. in *Élle, éng, égge, émma, hépp; hén* (englisch), und, aber bereits etwas an **ä** anlautend, als kurzes Final-**E** mit halber Betonung, z. B. *Ellĕ, grösserĕ, legerĕ* (lateinisch). Im Französischen fällt es in das Gebiet des *è ouvert,* braucht aber auch gar keinen Akcent zu haben, z. B. *avec, Lisette, Gresset* etc. Im Hebräischen bezeichnet man es durch Segol ◌ֶ.

c) Das lange, gedehnte **E** repräsentirt den **E**-Mechanismus am deutlichsten und vollständigsten, z. B. *wēnig, ēhren, aimēr, aimé, aimēz.* Hebräisch Zere ◌ֵ. Griechisch η.

Zu 2. Das Umlaut-**E** wird sowohl als kurzer, unbetonter, als auch als scharfer, betonter Laut allemal gehört, wenn man **E** mit darauf folgenden Gaumen-**R** in eine Silbe verbunden ausspricht, während das lange **E** vor denselben Konsonanten ganz nach Belieben wie **e** oder mehr wie **ä** ausgesprochen werden kann. Dies ist eine sehr merkwürdige, bis jetzt, so viel ich sehe, noch von keinem Sprachforscher oder Physiologen aufgedeckte Erscheinung, die wir nothwendig schon hier etwas näher ins Auge fassen müssen. **R** palatinum und einigermaassen **Ng** sind die einzigen Konsonanten, welche vorzugsweise mittels der rück- und aufwärts bewegten Zungenwurzel erzeugt werden, während die übrige Zunge tief liegt, der Unterkiefer gerade so tief herabgezogen ist, wie bei **ä**, und auch die Mundöffnung mir der für **ä** gültigen zusammentrifft. Bei allen anderen Konsonanten steht sowohl Zunge als auch Unterkiefer höher, der Mund ist enger geschlossen, kurz, die Stellung der Organe ist dem **E** weit entsprechender. Aus diesem Grunde, der doch gewiss ein natürlicher ist, ist es für die genannten Konsonanten Gaumen-**R** und **Ng** nothwendig, dass das ihnen in einer und derselben Silbe vorausgehende kurze oder scharfe (akcentuirte, doch nicht producirte)

E den **Ä**-Laut annimmt, ebenso wie es vor den übrigen Konsonanten **b d f g k l m n s w** u. s. w. naturgemässer ist, das kurze **E** in seiner Reinheit tönen zu lassen. Man kann allerdings, wenn man danach gelüstet, das kurze **e** vor **R** und **Ng** wie ein reines **é**, vor den übrigen Konsonanten dagegen mehr wie **ä** klingen lassen, nimmermehr werden aber dann diese beiden Vokale sich so kurz und scharf pronunciren lassen, wie im umgekehrten, normalen Falle, und nimmermehr wird eine solche naturwidrige, den Organen Gewalt anthuhende Pronunciation dem Ohre sonderlich gefallen.

Das lange **E** unterliegt keinen solchen Beschränkungen durch Verschiedenheit des Affinitätsgrades. Man hat es völlig in seiner Willkühr, ob man *Ehre* oder *Aehre*, *Regen* oder *Rägen* u. s. w. aussprechen will, und die Pronunciationsregeln für die speciellen Fälle beruhen durchaus auf historisch-etymologischem Grunde.

Es fragt sich nun noch, ob ein wirklich physiologisch nachweisbarer Unterschied zwischen dem **E**, welches wir wie **ä** auszusprechen pflegen, z. B. in *Herr*, *Kerl*, *Leben* und dem wirklichen **ä** existirt, welches also die natürlichen Grenzen zwischen **E** und **Ä** sind. Die Antwort auf diese Frage soll uns nicht schwer fallen. So lange das **Ä** ohne mimisches Lippenbeiwerk, ohne Rückwärts- und Aufwärtsziehung der Mundwinkel, ohne grosse Mundöffnung pronuncirt wird, besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen ihm und dem breiten **E**. Will man also einen Unterschied zwischen beiden Sprachzeichen haben, so spreche man das breite **E** ohne, das wirklich in der Schrift gebotene **ä** dagegen mit Lippenretraktion aus: besser dürfte es daher sein, man statuirt für die gewöhnliche, unaffektirte Sprache nur ein **E** und ein **Ä**, lässt die Mundverzerrungen weg, und lässt sie nur da gelten, wo sie ihr Recht geltend machen dürfen, nämlich im wirklich affektirten, komischen, manierirten Vortrage. Demnach müsste in der Schrift, mag sie dieser oder jener Sprache angehören, jedes kurze **E**, das vor **R** oder **Ng** steht, in ein **ä** umgewandelt werden, während für die Rechtschreibung des langen **E** die Physiologie keine Norm aufzustellen berechtigt ist.

Ueber die Assonanz des **E** an **I** und **Ö** sprechen wir in den nächsten Kapiteln.

Das **E** hat eine geringere Lautbarkeit, als das **Ä**, weshalb es beim Singen, um ihm mehr Klang zu geben, so oft in **Ä** übergezogen wird. Es eignet sich in musikaler Hinsicht mehr für hohe, als für tiefe Töne (einer und derselben Stimme). Sein psychologischer Charakter ist wenig ausgeprägt. Es drückt mehr statische, psychische Verhältnisse, Ruhezustände, höchstens mässige Gemüthsbewegungen, Unbehagen, Aerger über Kleinigkeiten u. dgl. aus, weniger lebhafte Affekte. Zwar gebrauchen es die Italiäner in allen Fällen, wo andere Leute **ä** setzen, indess geht daraus doch wohl nur hervor, dass die Italiäner, wenn sie **ä** pronunciren wollen, den Mund nicht so weit aufreissen, wie die Deutschen und Franzosen, und deshalb auch ihren **ä**-Laut nur durch **eh** oder **é** zu bezeichnen brauchen. Der Ausruf: **eh** geschieht in aller Ruhe ohne Affekt. Sprachwurzeln, deren Charakteristisches im **E** läge, habe ich bis jetzt nicht auffinden können. Denn das sanskritanische **ê** ए scheint mehr wie **ä**, als wie **eh** geklungen zu haben. Das **E** scheint daher erst ziemlich spät in die Schrift aufgenommen und von **ä** unterschieden worden zu sein. Will man dagegen das **E** in *Stern*, *Kern*, *Centrum* als ein selbstständiges gelten lassen, so dürften wir nicht irren,

wenn wir es als Träger des Ausdrucks für das Kleine, auf einen Punkt gedrängte gelten lassen.

I.

Wenn man während der Pronuncirung des langen **E**, mag es allein stehen, oder in einer Silbe, die Zunge, den herabgezogenen Unterkiefer und die Lippen nicht fest in der dem **E**-Mechanismus zukommenden Lage erhält, sondern diese Organe sich selbst überlässt, oder zur Ruhe kommen lässt, so wird man bemerken, dass dieselben unwillkührlich in die Höhe streben, und zu Ende des **E**-Lautes sich ein neuer Laut hören lässt, nämlich **I**. Am auffallendsten ist dieser Um- oder Auslaut des **E** in Silben, die mit dem langen **E** auslauten, z. B. Reh, Altee, aimée, rè u. s. w. Das Sprachrohr strebt, nachdem es eine Zeit auf der **E**-Lage verweilt hat, nach Ruhe, d. h. nach Verschluss, und während dieses Strebens, während sich die Organe nach dieser Ruhelage hinbewegen, giebt die forttönende Luft den Laut **I**.

Der Mechanismus des **I** ist aus diesem Grunde ein weit bestimmterer, als der der vorher betrachteten Vokale, denn er ist, um mich so auszudrücken, nur nach einer Seite hin offen, nach der andern Seite dagegen abgeschlossen, weil über das **I** hinaus im eigentlichen Sinne des Worts alle Vokalisation aufhört. Vom **I** bis zum völligen Schluss des Zungenkanals und des Mundes ist nur ein Schritt.

1) Wie die Stellung der Gaumendecke und die Apertur des Isthmus faucium bei der Bildung des **I** sich verhalte, lässt sich zwar nicht beobachten, doch hängt erstere wahrscheinlich tiefer herab, als bei **a** und **ä**, und letzterer steht wohl ziemlich weit offen, da das **I** bei Zuhalten der Nares ein sehr nasales Timbre annimmt, und da auch die Heber des weichen Gaumens keine besondere Thätigkeit entfalten, wie man wenigstens fühlen kann.

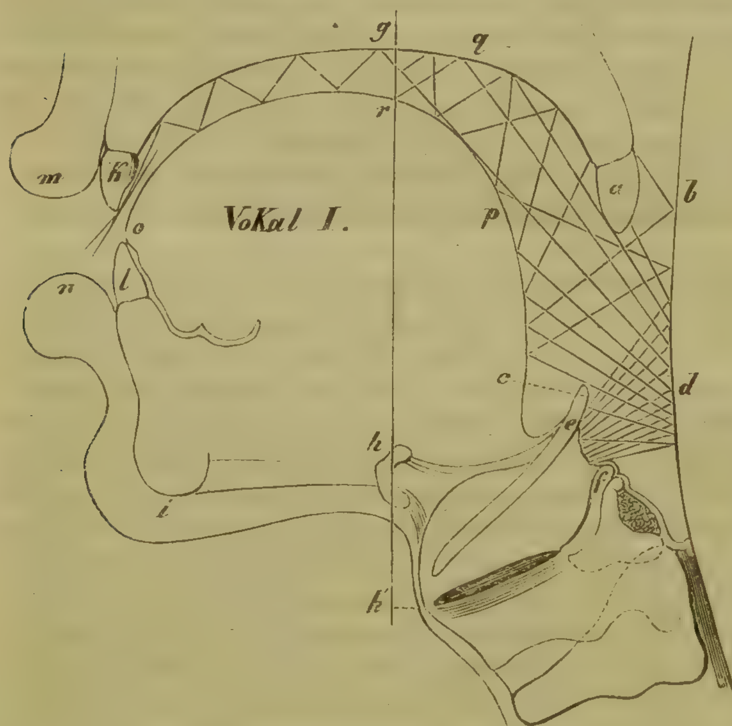


Fig. 180.

2) Die Zunge wird noch mehr gehoben und gewölbt, als beim **E**, auch die Spitze mehr vorgeschoben, und gegen die untern Schneidezähne gestemmt, so dass sie dieselben, zumal wenn die obern Zähne fehlen, überragt oder überwulstet. Die Ränder der Zunge le-

gen sich an die obern Backenzähne fest an, und schliessen ausserdem den engen Raum zwischen beiden Zahnreihen. Der Mundkanal, oder der Raum zwischen Gaumen und Zunge, wird auf diese Art sehr verengt, mehr als bei irgend einem andern Vokale, und ausserdem so verschmälert, dass er nur auf die Mitte beschränkt ist, und, wie Kempelen sich ausdrückt, einen linsenförmigen Durchschnitt liefern würde. Doch wird die Breite des Mundkanals oder des zwischen Zunge und Gaumen übrigbleibenden Spaltes nach meinen Untersuchungen nach der hintern Zone des harten Gaumens zu geringer, als sie vorn hinter den Schneidezähnen ist, während der Mundkanal hinter jener grössten Einengung, also zwischen dem weichen Gaumen und dem Zungenrücken, sich wieder in rascher Progression erweitert, weil (s. No. 5) das Zungenbein erheblich nach vorn gezogen wird. Von einer dem unter den Unterkiefer gelegten Finger sehr fühlbaren Erzitterung der Weichtheile [Schmalz *)] kann ich nicht viel wahrnehmen.

3) Die Unterkinnlade wird je nach der Stärke der Pronunciation $^1/_4$—$^3/_4$''' höher gehoben als bei **E**.

4) Die Mundlippenstellung ist ganz dieselbe, wie bei **A**, die Lippenmuskeln sind also theilnahmlos, nur dass die Unterlippe durch starke Kieferhebung**) der Oberlippe genähert wird. Bei starker Betonung des **I**, wenn man es mit Gewalt klangvoller machen will, werden jedoch die Mundwinkel etwas weiter auswärts gezogen. Nach Valentin (§. 3164) lässt sich das **I** auch bei weiterer Mundöffnung bilden, dann soll sich die Zunge stärker der Länge nach verkürzen.

5) Der wichtigste, und für die Zungenmechanik einflussreichste Vorgang findet am Zungenbeine und den sich daran inserirenden Muskeln Statt. Dieses Organ wird nämlich sehr merklich nach vorn gezogen, und die dasselbe bewirkenden Muskeln treten in Folge ihrer Verkürzung und Spannung stark hervor, so dass die Kehlgegend voller erscheint. Zugleich folgt auch, doch nur, wie es scheint, mittels des Ligam. hyothyreoideum, der Kehlkopf diesem Zuge. Aufwärts steigt der Kehlkopf eben so viel oder eben so wenig, wie bei **ä** und **e**.

6) Die Stimmritze des Kehlkopfs ist zwar enger, als bei den voller klingenden Vokalen, die Apertur desselben aber weiter, da das Zungenbein nach vorn gezogen ist, und da die Epiglottis trotz des höhern Stands desselben so wie des Kehlkopfs selbst doch nicht gegen die Giesskannenknorpel gezogen werden kann, weil weder der Zungenrücken nach hinten gerückt, noch der M. hyothyreoideus merklich verkürzt wird. Die Brechungen der tönenden Luftsäule im Ansatzrohr sind noch zahlreicher, als beim **E**, und geschehen unter grössern Winkeln. Die Tension der zum Munde ausfahrenden Luftsäule ist die grösste, die wir bis jetzt bei der Vokalbildung kennen gelernt haben.

Demnach ist das **I** der möglichst in die Enge oder auf die Spitze getriebene Vokalismus, von welchem aus jeder fernere Schritt zum Konsonantismus (**g** moll) führt. Da die Zunge nicht nur stark nach oben gewölbt, sondern auch nach vorn gezogen ist, so dürfte der hintere Raum der Mundhöhle, welcher zwischen Gaumenvorhang und Zungenrücken liegt, etwas geräumiger sein, als

---

*) Ueber die Taubstummen und ihre Bildung. S. 293. Dresden u. Leipzig 1838.

**) Nach Schmalz (a. a. O.) soll der Unterkiefer dabei auch etwas mehr vorgerückt werden.

beim **Ä** und **E**; im Allgemeinen ist aber der Mundkanal sehr eng und schmal. Es ist daher natürlich, dass die Luft beim Durchstreichen durch denselben sehr koncentrirt wird, dass sich also gleichsam eine Stromschnelle bildet, stärker, als bei irgend einem andern Vokale. Daher steht auch **I** als leiser Sprachlaut (S. 781) auf der höchsten Tonstufe, aus demselben Grunde ist es aber auch der dünnste, am wenigsten klingende Vokal, weil nur wenig Luft auf einmal in Klang gesetzt wird. Auf **I** wird in einer und derselben Zeit und sonst gleichen Verhältnissen mit weniger Luft exspirirt, als bei **a** oder **u**: ein Umstand, der beim Gesange zu berücksichtigen ist. Die Glottis ist also enger, als bei **A**, daher der ganze Kehlkopf höher gestellt. Vergl. S. 689. Daher klingt auch **I** im Gesange besser und lauter auf hohen Noten, als auf tiefen. Es ist ein Fehler des Komponisten, wenn er ein Wort, das in der ersten Silbe ein **u** und in der zweiten ein **i** hat, mit der ersten Silbe einer hohen, und mit der zweiten einer weit tiefern Note unterlegt, wie es z. B. R. Schumann in seiner Kantate: das Paradies und die Peri (Arie der Peri in der III. Abth.) gethan hat:



durch- pil- gern will ich etc. etc.

Nur solche Individuen, die eine ungewöhnlich hochgewölbte Mundhöhle haben, können in das **I** mehr Klang und Kraft legen, als ihm gewöhnlich zukommt. Dafür sind aber auch diese Individuen gewöhnlich nicht im Stande, ein schönes, reinklingendes **A** oder **O** zu erzeugen. Individuen dagegen, deren Mundhöhle weniger geräumig ist, oder den gar die vordern Zähne des Oberkiefers fehlen, können das **I** gar nicht rein erzeugen, es wird vielmehr immer, wenn es nur einigen Klang erhalten soll, dem **Ü** ähnlich gebildet werden müssen.*)

Das **I** ist ein sogenannter Urvokal oder besser Endvokal, und daher keinen grossen Schwankungen unterworfen. Schulthess**) distinguirt zwischen dem tiefen und hohen **I**. Ueberhaupt ist es seit geraumer Zeit in den Grammatiken und Sprachlautlehren Sitte gewesen, zwischen hohen und tiefen Vokalen zu unterscheiden, ohne dass jedoch diese Gelehrten sich eine bestimmte Idee von dem machen konnten, was sie mit diesen Namen bezeichneten. Wenigstens hat noch niemand diese Ausdrücke auf einen exakten physiologischen Grund zurückgeführt, und gewiss haben dieselben schon oft zu irrigen Vorstellungen Anlass gegeben. Wir wollen zu Ende dieses Abschnitts dem wahren Grunde der „Höhe und Tiefe" dieses so wie der übrigen Vokale genauer nachgehen.

Das **I** ist mit allen übrigen Vokalen verwandt und zusammensetzbar, jedoch immer nur so, dass es den Auslaut bildet. Die nächste Verwandtschaft hat es zu **E**, welches, wenn es sich selbst überlassen wird, allemal in **I** übergeht. Hiervon haben wir schon zu Anfang dieses Kapitels gesprochen, und wir werden auch noch einmal darauf zurückkommen, wenn vom **ai** die Rede sein wird. Die meisten Diphthongen werden mit **I** gebildet. Wird **I** auf ähnliche Art pronuncirt, wie **E**, wenn es in **I** übergeht oder auslautet,

*) Vergl. auch Nehrlich Gesangkunst S. 124. 2. Aufl. S. 205.

**) Das Stammeln und Stottern. Zürich 1830. S. 8.

so hängt sich an dieselbe kein neuer Vokal, sondern ein Konsonant, nämlich **g** moll. Z. B. *Vieg* (geschrieben fälschlich *Viech*) für *Vich*, *geschiegt* für *geschieht* u. s. w. Dies ist ebenfalls ganz natürlich, denn sobald sich die Zunge noch mehr hebt, als zum **I** erforderlich ist, so beginnt die konsonantische Artikulation mit **g** moll.

Verbindet sich der Zungenmechanismus des **I** mit dem Lippenmechanismus des **U**, so entsteht **Ü**, wie wir später genauer kennen lernen werden.

Kein Vokal verbindet sich leichter und ungezwungener mit den Konsonanten, als **I**. Es ist schlechterdings kein Zwischenlaut zwischen **I** und Konsonant möglich. Im Gegentheil schiebt sich, wie wir sehen, sehr oft ein kurzes, wenig bemerkliches **I** als Zwischenlaut zwischen **E** und Konsonant, wenn es lang ist und sich mit Konsonanten zusammensetzt. Z. B. *Eh–i–re*, *we–i–nig* u. s. w. Eben so, und zwar in dieser Hinsicht dem früher explicirten stummen **e** ganz analog, wird das **I** oft gebraucht, um die Verbindung zweier sonst schwer zu vereinigender Konsonanten zu erleichtern. Es gehört hierher der sogenannte Mouilletismus, der, wenn das eingeschobene **I** in **Jot** übergeht oder sich mit dem **G**-moll-Geräusche verbindet, auch Jotacismus genannt wird, und von welchem wir zu Ende der speciellen Sprachlautphysiologie weiter sprechen werden.

Vom **I** sagt Plato, dass man es πρὸς τὰ λεπτὰ πάντα, d. h. als Ausdruck alles Kleinen, Winzigen, Feinen, Schneidenden, Spitzigen verwende. Nach Bernhardi (Philosophische Sprachlehre. S. 265) sind diejenigen, denen das **I** widrig scheint, physiologisch betrachtet, Feinde heftiger und rasch fortschreitender Empfindungen, denn diese drückt das **I** aus, z. B. *spitz*, *Stich*, *List*, *Schimmer*, *Fisch*, *Schiff* u. s. w. Gleichwie **I** den auf die Spitze getriebenen Vokalismus darstellt, gleichwie hier der tönende exspirative Luftstrom bis auf den dünnsten Strahl eingeengt worden ist, eben so kann auch das **I** niemals etwas ausdrücken, was seiner Natur zuwider läuft, also nichts Breites, Ausgedehntes, Volles, Starkes.

Nachdem wir gesehen haben, wie durch allmälige Einengung des Mundkanals der tönende exspirative Luftstrom zu sprachlichem Zwecke modificirt wird, kehren wir jetzt zum Mittel- und Normallaute **A** zurück, um von da aus nach einer andern Richtung die Kehlkopftöne zu verfolgen. Wir wollen nämlich sehen, was aus der in die Mundhöhle geführten tönenden Luft wird, wenn der Ausgang der Mundhöhle gewisse specifische Veränderungen erleidet, und werden demzufolge unsere Aufmerksamkeit auf **O** und **U** lenken müssen.

O.

Vergleicht man die Stellungen der Sprachorgane für **A** mit den für **O**, so wird man folgende Unterschiede wahrnehmen.

1) Der Isthmus faucium ist weiter geöffnet, als bei **A**, seine Pfeiler sind schlaffer und beweglicher. Das Zäpfchen scheint sich zwar nicht gegen **A** zu verändern; aber das Dach des weichen Gaumens steht etwas höher, nach Valentin (§. 3165) auch etwas weiter nach vorn, als beim **A**, und das Zäpfchen nebst dem obern Segment des Isthmus muss dieser Bewegung folgen.

2) Die Zunge steigt, besonders mit ihrer hintern Hälfte, ein Stück in die Höhe, so dass der Isthmus und das Zäpfchen für gewöhnlich durch die

Zungenwölbung dem in die Mundhöhle blickendem Auge entzogen werden. Dieses Aufsteigen beträgt etwa $3'''$ an Höhe, übrigens findet dabei nicht die geringste Aenderung in den übrigen Verhältnissen der Zunge, so weit sie aus dem Boden der Mundhöhle hervorragt, statt, weder eine Aenderung der Lage oder Form der Zungenränder, noch der Spitze u. s. w. Der Boden der Mundhöhle aber hebt sich natürlich mit. Man erkennt deutlich, dass dieses Heben der Zunge nur dazu dienen soll, den Raum der Mundhöhle etwas zu verkleinern, oder das Verhältniss des kubischen Mundhöhleninhalts gegen das der Weite des Isthmus zu vermindern. — Nach Angermann höhlt sich der bei **A** horizontal flache Zungenrücken in der Mitte bis zur Zungenspitze etwas aus.

3) Der Unterkiefer wird etwa 1 — 1½ Linie mehr gehoben, als bei **A**.

4) Der Mund nimmt die bekannte Form und Stellung an, die durch eine ziemlich komplicirte Muskelmechanik hervorgebracht wird. Es sind dabei, wie wir früher (S. 253) gesehen haben, vorzugsweise die äussern Partien des Sphincter oris nebst dem Depressor nasi, Nasalis labii super. und Depressor labii infer. in Thätigkeit Die Mundöffnung ist stets fünfeckig, beim markirten **O** ziemlich rund. S. Fig. 181 *a* und *b*. Aber es ist nicht allein das Lumen der Mundöffnung, was durch die Muskelthätigkeiten auf besondere Art hergestellt wird. Man übersehe nicht, dass das ganze Sprachrohr durch den **O**-Mechanismus verlängert wird, dass zwischen Lippen und Zähnen ein nicht unerheblicher Zwischenraum sich bildet, dass der Ausgang des Sprachrohrs trichterartig ausgeschweift ist; endlich, dass durch die Kontraktion, Vorstülpung und Vorziehung der Lippen auch die Backen, da wo sie sich den Lippen nähern, merklich einwärts gezogen werden und auf diese Art die Mundhöhle etwas einengen. Keins dieser Elemente ist bei der **O**-Bildung unwesentlich.



Fig. 181.

5) Das Zungenbein und der Kehlkopf zeigen eine ganz neue, bei keinem der bisherigen Vokale beobachtete Erscheinung: sie steigen ein ziemliches, fast ½ Zoll betragendes Stück herab. Da der M. palatopharyngeus nach meinen Untersuchungen (S. 221) von der Hinterwand des Pharynx entspringt, an dieser Ursprungsstelle aber mit den Fasern des Thyreopharyngeus verwebt ist, so muss auf diese Art der Isthmus faucium erschlafft werden, was mit der direkten Beobachtung sub 1) vollkommen übereinstimmt. Dagegen ist aber noch zu erwähnen, dass die Epiglottis unter diesen Umständen sich mehr aufrecht stellen, und also die tönende Luft freier aus der Glottis ausströmen muss. Auch die Zungenwurzel kommt dadurch tiefer zu stehen; die Stimme kommt auf diese Art mehr aus der Tiefe, weshalb, und weil sie in einem von schlafferen Wänden begrenzten Raume kommt, der **O**-Ton dumpfer ausfällt, als der des **A**. Denn auch darauf ist etwas zu geben, dass wegen der tiefern Stellung des Zungenbeins die Mm. stylohyoidei, stylopharyngei. genio- und mylohyoidei etc. schlafter sein müssen, als bei höherem Stande dieses Knochens. Wir haben diese Eigenschaft des **O**-Lautes mit Timbre obscur bezeichnet: vergl. S. 721.

6) Wollen wir nun, nach erlangter Kenntniss der einzelnen Mechanismen, die Gestalt des Ansatzrohrs zu beschreiben versuchen, so dürfte uns

zunächst die vermehrte Länge desselben in die Augen fallen, indem diese nicht nur vorn, sondern auch hinten, gleich vom Kehlkopf, von der Glottis an, merklich gewachsen ist; zweitens die runde Form der Ausgangsöffnung, wodurch dieselbe der Eingangsöffnung des Mundkanals ähnlicher geworden ist; drittens die kegelförmige Zuspitzung des Mundkanals nach der Mundöffnung zu, und viertens die stürzenförmige Ausschweifung der letztern. Durch beide letztern Elemente wird der Mundkanal, der bisher breit war, eingeengt, und endlich bis auf ein rundes Loch, nicht, wie bei den bisherigen Vokalen, auf eine Spalte reducirt.

7) Die Luft kann daher im Mundkanal schon deshalb, weil die Pfeiler des Isthmus faucium schlaff sind, keine grosse Resonanz oder wiederholte Brechung erleiden, und sie würde noch mehr an Klang verlieren, wenn nicht mit der Rundstellung der Lippen im Ausgange des Mundkanals ein zweites, schon an sich selbst einigermaassen schallerzeugungsfähiges Moment hinzuträte. Uebrigens wird bei **O** viel Luft in einer bestimmten Zeiteinheit exspirirt, mehr, als bei **A**, die Glottis ist also weiter geöffnet.

Die Schwingungszahl des **O** ist unter den angegebenen Verhältnissen niedriger, die Klangbarkeit desselben geringer, als die von **A**, **Ä** und selbst **E**, weil die Luft nicht komprimirt genug ausströmt. Gleichwohl klingt ein gut pronuncirtes **O** weit voller und in dieser Beziehung auch kräftiger, als das weit dünnere **E**. Für den Gesang ist **O** ein ganz brauchbarer Vokal, nur darf ihm nicht mehr zugemuthet werden, als es zu leisten vermag. Es passt mehr für tiefe, als für hohe Töne. Ein *f* oder gar *ff* lässt sich aber nicht wohl darauf anbringen.

Der psychische Ausdruck des **O** geht auf den Begriff des Imponirenden, Wunderbaren, Erhabenen, Grossmächtigen, Vollen, feierlich Langsamen und Gravitätischen. Charakterworte sind: *Oh, Gott, Ochs, Gross, Rollen, Wonne, Koloss, Molossus* u. s. w.

Die Verwandtschaft des **O** zu andern Vokalen ist nicht gering, weil **O**, als ein zwischen **A** und **U** stehender Vokal, eine ziemliche physiologische Breite hat, und daher sein Mechanismus nach mehrern Richtungen in den der übrigen Vokale ausweichen kann. Das **O** ist aus diesem Grunde sowohl zur Bildung neuer Zwischenvokale, als auch zur Bildung von Diphthongen geeignet. Mit **a** verschmilzt es zu dem schwedischen einfachen Sprachlaut å, mit **e** zu dem bekannten, den meisten Sprachen eigenthümlichen **ö**. Mit **i**, **ü** und **u** setzt es sich zu den Diphthongen **oi**, **oü** und **ou** zusammen. Von diesen letztern sprechen wir später, von å und **ö** werden wir gleich jetzt das Nöthige zu erwähnen Gelegenheit nehmen.

Å.

Dieser in einigen Sprachen und Dialekten vorhandene, aber nur im Schwedischen, so viel mir bekannt ist, durch ein selbstständiges Zeichen, im Dänischen durch **aa** ausgedrückte Vokal wird durch einen halb dem **a**, halb dem **o** angehörigen Mechanismus erzeugt. Vom **A** hat es die Stellung und Lage des weichen Gaumens, der Zunge, des Zungenbeins und des Kehlkopfs; vom **O** die Mundstellung. Im Französischen hat das **o** zuweilen den å-Laut, besonders vor **r** in Endsilben, z. B. *or, encore, hors, corps, fort* u. s. w.; auch gehört nach Valentin das österreichische **a** und das französische **au** hierher. Unfreiwillig kommt dieser Zwischenvokal oft als

Fehler zum Vorschein beim Singen auf **A** oder **O**; auch findet er sich als dialektische Abweichung zuweilen; so sprechen die Bauern der Leipziger Gegend oft das lange **o** wie å aus, z. B. *Sohn* = *Sån*. Im Französischen dürfte das **ao** in *Saone* gleichfalls hierher zu rechnen sein. Vergl. Grimm's deutsche Grammatik 1. Th. S. 99 und 548. Gewöhnlich nimmt aber dieser Zwischenvokal die Natur eines Diphthongs an, das heisst, das **A** lautet an **O** an, bevor der Konsonant (in der Regel **N**, **L**, **M**, **F**) nachfolgt.

Ö.

Das **Ö** ist **O** mit der dem **E** eigenthümlichen Zungen- und mit der zwischen beiden Vokalen liegenden Zungenbein- und Kehlkopfstellung. Die Zunge wird also, wenn man aus dem **O** in **Ö** übergehen will, gehoben, gewölbt, und die Spitze dieses Organs gegen die untern Schneidezähne gedrückt. Auf diese Art wird der Mundkanal in seiner Mitte verengt, und die tönende Luft durch diesen Vorgang mehr koncentrirt oder beschleunigt

Das **ö** klingt weniger voll, aber lauter (intensiver) als **o**; dagegen voller und weniger laut als **e**. Wie beim **ä**, so ist auch beim **ö** etwas Aufmerksamkeit auf die Sprachorgane erforderlich, um zu verhindern, dass dieser Laut nicht in **e** übergeht, was unausbleiblich geschieht, wenn man den Organen ihren natürlichen Lauf lässt.

Das reine **ö** ist daher ein Attribut der feinen, gebildeten Sprache, bei welcher der Natur schon etwas Zwang angethan wird; und man erkennt an der reinen Pronuncirung dieses Vokals sehr bald, ob der Sprecher unter Bauern aufgewachsen ist oder nicht. Wenigstens gilt dies vom sächsischen Dialekt.

Einen selbstständigen, natürlichen Charakter besitzt daher das **ö** weniger, als andere Vokale; wohl aber dient es zur Bezeichnung gewisser naturwidrigen Gefühle und Begriffe, z. B. *stöhnen, öde, röcheln,* als ob die Regungen des Lebendigen nur noch mit einem gewissen Zwange vor sich gingen, oder auf ein gewisses Minimum reducirt wären. Das **ö** kommt aus diesen Gründen als Charakterlaut in den Sprachen verhältnissmässig selten vor.

Das **ö** hat die meiste Verwandtschaft zu **i** und **ü**, in welche Vokale es, eben so wie **e**, allemal auslautet, wenn es von den Sprachorganen nicht festgehalten wird, wenn also letztere zur Ruhe anstreben oder bereits der Ruhe sich hingeben. Zwischen einem langen **ö** und dem nachfolgenden Konsonant schiebt sich daher in der Regel ein kurzes **i** ein, wie *stöh-i-nen, ö-i-de.*

U.

Werden die Sprachorgane in der Lage, die sie für die Erzeugung des **O** angenommen haben, sich selbst überlassen, so dass die untere Kinnlade der obern vollends angeschlossen wird, um entweder einen Konsonanten folgen zu lassen, zu dessen Pronuncirung der Mundschluss erforderlich ist, oder um den Mund zur Ruhe, zur Verstummung zu schliessen, so geht der begonnene Sprachlaut in **U** über, dessen Mechanismus also folgender ist.

1) Die Form des Isthmus faucium und die Beschaffenheit des hintern Gaumenbogens lässt sich nicht beobachten, jedenfalls ist aber letzterer we-

niger gespannt und ersterer etwas weiter, als bei der Bildung des **A**. Nach Valentin (§. 3166) begiebt sich der weiche Gaumen und das Zäpfchen nach oben und zum Theil nach hinten; gleichzeitig rücken die Gaumenbogen etwas nach innen.

2) Die Zunge steigt und wölbt sich etwas mehr als beim **O**, ohne dass sich jedoch die Lage derselben zu den Zähnen verändert. Nach Valentin zieht sie sich zurück und fällt nach vorn ab. Der Raum der Mundhöhle ist also noch kleiner, als er für **O** austrägt. Nach Angermann (§. 7) dagegen wird der Zungenrücken möglichst viel ausgehöhlt, um den Mundhöhlenraum zu erweitern.

3) Der Unterkiefer wird gleichfalls noch etwas mehr gehoben, als für das **O**, und dadurch, so wie durch stärkere Zusammenziehung des Sphincter oris

4) die Lippen und Mundwinkel mehr gegeneinander gerückt, mehr vor- und von den Zähnen abgetrieben, und die Mundöffnung auf ein kleines dreieckiges Loch reducirt, welches etwa noch einmal so klein ist, als die **O**-Oeffnung unter sonst gleichen Umständen. S. Fig. 181 *c*. Die Unterlippe rückt nämlich so weit gegen die Oberlippe, und schiebt sich von den Seiten her so weit zusammen, dass ihr oberer Rand bis zu den oberen Winkeln der **O**-Mundöffnung rückt, und ihre sattelförmige Einbiegung sich in eine Rinne verwandelt. Zu bemerken ist noch, dass die **U**-Mundöffnung ganz dieselbe ist, wie für die tiefen Mundpfeiftöne, wie wir sie Seite 563 kennen gelernt haben.

5) Das Zungenbein und der Kehlkopf stehen etwas höher, als beim **O**, aber doch tiefer, als beim **A**; ausserdem wird das Zungenbein merklich, wenn auch nicht so weit, wie beim **I**, vorwärts gezogen, weshalb die zwischen Unterkiefer und Zungenbein liegenden Muskeln etwas anschwellen und hart werden.

Das Ansatzrohr hat also, gegen den **O**-Mechanismus gehalten, nach unten an Länge etwas verloren, nach vorn etwas gewonnen, hat also im Allgemeinen an Länge nichts eingebüsst. Die übrigen, für den **O**-Mechanismus erwähnten Eigenschaften des Ansatzrohrs sind ziemlich unverändert geblieben, nur ist die Einengung desselben nach vorn noch weit bedeutender, und die Mündung auf den höchstmöglichen Grad verkleinert.

Demnach wird die aus dem Kehlkopf aufsteigende tönende Luft im Ansatzrohr noch mehr gedämpft, als beim **O**; und nur dadurch, dass sie im Ausgange so sehr eingeengt und noch mehr, als es beim **O** stattfindet, zu neuen schallfähigen Wellenkreuzungen disponirt wird, erlangt das **U** einen gewissen Grad von Klangstärke. Immer aber ist ein ziemlicher Aufwand (mehr als bei irgend einem andern Vokale) von exspiratorischem Muskeldruck erforderlich, um dem **U** diesen gehörigen Grad von Lautbarkeit zu ertheilen. Daher ist das **U** unter allen Vokalen der dumpfste und klangloseste. Das Markirte, Scharfe, Metallische, was die übrigen Vokale in stärkerem oder schwächerem Grade an sich tragen, fehlt dem **U** fast ganz. So wie das tonlos pronuncirte **U** auf der musikalen Skala den untersten Platz einnimmt, so ist auch das **U** ein Ausdruck für das Tiefe; und gleich wie ihm alle Schärfe und Koncentration abgeht, ist es auch Ausdruck für das Diffuse, Stumpfe, Energielose. Charakterworte, die hierher gehören sind: *Grund, humus, profundus, Furcht, Hu!, stumpf, Sumpf, ululare, einlullen* u. s. w. In der Vokalmusik passt **u** vorzugsweise für tiefe Töne, die jedoch nie *forte* ausfallen können.

In Verbindung mit andern Vokalen, von welchen es nur zu **a** und **o** kombinatorische Verwandtschaft hat, muss **u** allemal den Auslaut bilden. Diphthonge, in welchen **u** den Anlaut bildete, kommen höchstens als dialektische Eigenthümlichkeit vor, z. B. **ua**, **ue**, welche Doppellaute jedoch nie in dem Sinne als Diphthonge gelten können, wie die von uns zu den selbstständigen Diphthongen gerechneten Vokalbildungen. S. weiter unten.

Ü.

Dieser Vokal verhält sich dem **ö** so ziemlich analog. So wie dieses ein **o** mit der **E**-Zungenstellung, so ist **ü** ein **U** mit der **I**-Zungenstellung, weshalb wir uns über den Mechanismus dieses Sprachlauts gar nicht weiter aufzuhalten brauchen. Nur das eine ist noch zu bemerken, dass das Zungenbein wegen der Vorstossung der Zungenspitze noch mehr und überhaupt so weit vorwärts gezogen wird, wie beim einfachen **I** stattfindet. So wie das **ö** bei mangelnder Aufmerksamkeit auf die Lippenstellung in **e**, so geht **ü** unter denselben Verhältnissen in **i** über; das heisst das **ö** und **ü** klingt hier gleich von vorn herein wie **e** und **i**. Bei Leuten, die es mit der Pronunciation nicht genau nehmen, hört man daher den einen wie den andern Vokal nur selten rein. — Die Griechen drücken das **ü** durch υ, die Franzosen durch **u** oder **eu** aus, die Polen (nach Kudelka, S. 58) durch **y**: Kudelka stellt diesen Laut auf den 5. (hintersten) Schauplatz; die Römer, Italiäner, Engländer und mehrere andere Nationen kennen es gar nicht. Im Allgemeinen lässt sich jedoch nicht behaupten, dass man vom Vorhansein der Uebergangsvokale, also auch des **ü**, in einer Sprache auf einen höhern Kulturgrad der Nation schliessen dürfe, denn die Sprachen des finnischen Sprachstamms, als die an Vokalen reichsten, besitzen alle nur möglichen Vokalmodifikationen und natürlich das **ü** auch. — Will und muss man diesen Vokal mit zwei Schriftzeichen ausdrücken, so dürfen dies keine andern sein, als **ui**. Das **ue**, welches hier gewöhnlich (und leider auch in diesem Buche) gesetzt wird, ist durchaus falsch, und nur in der falschen Voraussetzung einer Analogie mit **ae** und **oe** eingeschwärzt worden.

Auch das **Ü** besitzt keinen recht selbstständigen Charakter als Naturlaut. Es soll jedoch das Trübe, Gedrückte, Frostige bezeichnen oder zu dessen Bezeichnung geschickt sein, obwohl diese Regel wenigstens für das Griechische, wo das υ so häufig vorkommt, eben nicht zutrifft.

b. Von den Diphthongen oder Doppellauten.

Es scheint auf den ersten oberflächlichen Anblick sehr leicht, zu definiren, was ein Diphthong sei, wenn man sich auf weiter nichts beschränkt, als das einmal eingeführte Wort zu übersetzen; wenn wir aber die Sache nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von ihren übrigen Seiten betrachten, so unterliegt die Bestimmung dessen, was wir durch Diphthong ausdrücken, nicht unerheblichen Schwierigkeiten. In Bezug auf diesen Gegenstand gehen die Meinungen der Schriftsteller sehr weit auseinander. Rudolphi mag als Vertreter des einen, Bindseil als Vertreter des andern Extremes angesehen werden. Ersterer behauptet (Physiol. II. 400), die sogenannten Diphthongen verdienen kaum ihren Namen; man könne allerdings einige so aussprechen, dass man zwei Laute höre, allein bei irgend geläufiger Zunge sei dies nicht der Fall, und man könne sie recht gut, wie **ä**,

ö, **ü** zu den (einfachen) Selbstlautern rechnen. Bindseil (S. 240) lässt sich zwar auf gar keine Definition der Diphthonge ein, allein er nennt überhaupt jede Zusammensetzung eines einfachen Vokales mit einem andern, und zwar, wie sie im Buche, gedruckt oder geschrieben, steht, einen Diphthong. Wie diese Doppelbuchstaben ausgesprochen werden, ob sie eine oder zwei Silben ausmachen, ob der eine Vokal dem andern physiologisch verwandt ist oder nicht, darum kümmert sich dieser gelehrte Mann nicht. Genug, er erhält auf diese Art so viel Diphthonge, als Kombinationen der Vokale unter einander möglich sind, ja noch weit mehr, da nach seiner Theorie die einzelnen Vokale lang oder kurz, betont oder nicht betont sein können. Wir wollen aber die Natur nicht aus der Schrift kennen zu lernen suchen, sondern wollen erstere selbst befragen, auf dass letztere dadurch verständlich und korrekt werde. Denn dass alle Grübelei um die Doppelbuchstaben, welche in den schriftlichen Denkmalen der verschiedenen Sprachen verschiedener Zeitalter vorkommen, eine höchst unfrucht- und undankbare Arbeit sein und bleiben muss, so lange man den Mechanismus, durch welchen jene sogenannten Diphthonge gebildet werden, nicht vollständig erkannt hat, das dürfte wohl über jeden Zweifel erhaben sein. Die meisten der übrigen Sprachlehrer und Physiologen lassen sich aber ebenfalls auf keine genauere Begriffsbestimmung der Diphthonge ein: eine der besten ist noch die von Wagner (spanische Sprachlehre, Leipzig 1807. S. XII): wenn zwei (oder drei) Selbstlauter zusammen, jedoch jeder deutlich für sich ausgesprochen, nur eine Silbe ausmachen, und daher im Schreiben nicht getrennt werden dürfen. Bei dieser Definition beruht aber die letzte Bestimmung auf einer Petitio principii, und verleitet zu einem Zirkelschluss; wie sich denn auch Wagner dadurch hat verleiten lassen, der spanischen Sprache eine Menge Vokalkombinationen, die durchaus nur zweisilbig ausgesprochen werden können, wenn sie auch zehnmal einsilbig geschrieben werden, als Diphthonge anzurechnen.

Um zu einer klareren Einsicht in das Wesen und die Bildung der Diphthonge zu gelangen, müssen wir vor allen Dingen die Verwandtschaften der einfachen Vokale zu einander untersuchen. Diese Verwandtschaften sind von zweierlei Art: durch die eine verbinden sich oder verschmelzen zwei Vokale, deren Mechanismus sonst sehr von einander abweicht, zu einem neuen einfachen Vokale, und zwar dadurch, dass gleichzeitig einige der Sprachorgane die für den einen, und die übrigen Organe entweder die für den andern Vokal erforderliche oder eine zwischen beiden Vokalen in der Mitte liegende Stellung und Form annehmen. Auf diese Art entstehen die sogenannten Mischvokale, **ä**, **ö**, **ü**, die von einigen, besonders älteren Sprachlehrern ebenfalls, aber mit Unrecht, Diphthonge genannt werden. So entsteht **ö** dadurch, dass die für **o** erforderliche Lippenstellung sich mit der für **e** erforderlichen Zungenstellung und mit der zwischen **o** und **e** liegenden Kehlkopfstellung verbindet. Wir wollen diese erstere Verwandtschaft die verschmelzende, konjunktive oder agglutinirende nennen. Die andere Verwandtschaft, welche zwischen den Vokalen besteht, äussert sich dadurch, dass zwei Vokale hinter oder nach einander so ausgesprochen werden, dass sie zwar beide, ein jeder mit seinem vollständigen Mechanismus, zur Geltung kommen, aber beide Mechanismen während der Pronuncirung so in einander übergehen, dass nur im ersten Zeittheilchen des betreffenden Doppellauts die Organe die für den einen, den An-

laut, und erst im letzten Zeittheilchen die für den andern Vokal, den Auslaut, erforderliche Stellung annehmen, in der Zwischenzeit dagegen sich von diesem einen zum andern Extreme hinbewegen. Wir wollen diese zweite Verwandtschaft die zusammenfassende oder kombinirende nennen. Wem es beliebt, kann auch die erstere die kontrahirende, die andere die attrahirende Verwandtschaft nennen. Bei der erstern sind also die Sprachorgane gleich von vorn herein in die zur Erzeugung des geforderten Lautes nöthige Stellung und Lage gebracht, und behalten dieselbe während der Pronuncirung unverändert bei; bei der letztern dagegen bewegen sich die Organe aus der Stellung des erstern Vokals in die des andern. Nur durch diese zweite Verwandtschaft entstehen die sogenannten Diphthonge oder Doppellaute.

Bei dieser Bewegung der Sprachorgane von dem einen Vokalmechanismus zum andern ist es ferner eine wesentliche Sache, dass dieselben bis zu dem einen oder andern Vokalextrem, und zwar zu den Extremen gelangen, die dem Zustand der Ruhe oder der Indifferenz zunächst anliegen. Je weiter der Mechanismus des Anlauts (des erstern Vokals) eines Diphthongen von dem des Auslauts (des andern Vokals) entfernt liegt, das heisst, je weiter beim Anlaut die Sprachorgane von ihrer Ruhelage abgewichen sind, desto reiner und vollkommener fällt der Diphthong aus. Die Ruhelage der Sprachorgane besteht aber, wie wir früher gesehen haben, in Gehobensein der Zunge (**I**), und in Schluss des Mundes (**U**), die grösste Abweichung derselben findet beim Vokal **A** Statt Die vollkommensten Diphthongen sind daher **ai** und **au**. Bei jedem Diphthongen findet also ein Bestreben der Sprachorgane Statt, aus dem Zustande einer mehr oder weniger grossen Anstrengung zur Ruhe überzugehen. Alle wahren Diphthongen müssen daher in **i**, **u** oder **ü** auslauten. Der erste Vokal muss allemal der lautere, vollere, mit mehr Mitteln und mehr Luftmasse vollzogene sein, der zweite der schwächere, dünnere, dumpfere; daher ruht bei jedem wahren Diphthonge stets der Ton auf dem ersten Vokal, nie auf dem zweiten.

Ueber die Natur dessen, was ich so eben Ton nannte, muss noch einiges zur Verständigung hinzugefügt werden. Der auf den ersten Vokal fallende Ton kann nämlich seinem zeitlichen Werthe nach kürzer oder länger ausfallen. Zum Wesen eines wahren Diphthongen gehört aber, dass der erste Vokal kurz betont wird, so kurz als möglich. In **ai** z. B. lässt sich das **a** sehr kurz betonen, so dass die Sprachorgane gar nicht darauf verweilen, sondern sofort die **A**-Stellung verlassen, um sich nach der **I**-Stellung hinzubewegen. Es lässt sich aber auch dieses **a** länger betonen, so dass der **A**-Laut deutlich zur Wahrnehmung kommt, wo also die Sprachorgane auf der **A**-Lage erst eine gewisse Zeit verweilen, bevor sie sich nach der **I**-Lage hinbewegen. Das **ai** wird hier gleichsam in seine Elemente zerlegt, wie es bei jedem **ai** im Gesange stattfindet, sobald die diesen Diphthong enthaltende Silbe länger, als etwa $\frac{1}{2}$ Sekunde, gehalten wird. Im Italischen findet sich dieses **ai**, namentlich in der 1. Person des Passato der Verba in *are*, z. B. *lodai*. Allerdings wird ein solches **ai** im Italischen, so wie auch im Spanischen, wo es gleichfalls vorkommt, einsilbig gebraucht, allein für einen wahren Diphthong kann ich es nicht gelten lassen, da die Verschmelzung beider Vokale hier nur eine unvollkommene ist. Ebenso wie bei **ai** lässt sich auch der erste Vokal aller übrigen Diphthonge lang betonen, ja

es giebt auch sogenannte Diphthonge, bei denen der anlautende Vokal stets mehr oder weniger hervorgehoben wird, namentlich **ei**, **ui**, **öi**, **äi**. Diese Nothwendigkeit steht also mit der physiologischen Entfernung des Anlautvokals vom Auslautvokal so ziemlich in umgekehrtem Verhältniss.

Wir werden in den Fällen, wo bei einem und demselben (geschriebenen) Diphthong durch längere oder kürzere Betonung des Anlautvokals Differenzen für die vokale Geltung eintreten, die erstere durch einen über den Anlaut gesetzten Accent (z. B. **ái**) von der reinen Diphthongform, die wir unbezeichnet lassen (**ai**) unterscheiden.

Je nach der grössern oder geringern physiologischen Entfernung des einen vom andern Vokale eines Diphthongs muss also auch die Geltung oder Vollkommenheit des letztern verschieden ausfallen. Wir können in dieser Hinsicht Diphthonge des ersten, des zweiten und dritten Ranges unterscheiden. Zum ersten Range gehören die mit **A** anlautenden Diphthonge, also **ai**, **au**, **aü**; zum zweiten oder mittlern Range die mit **O** anlautenden, **oi**, **ou**, **oü**; zum dritten oder niedrigsten Range lässt sich, was die Sprachen des indo-germanischen Stammes anlangt, nur **ei**, **ái**, **áo** und **ui** rechnen, für die finnischen Sprachen auch noch **äi**, **äy**, **öi** und **öy**.

Nun giebt es aber in mehrern Sprachen noch viele Zusammensetzungen von Vokalen, welche gewöhnlich auch zu den Diphthongen gerechnet werden, und nur für eine Silbe gelten, wenigstens nach Umständen oder Belieben gelten können. So rechnet Wagner und andere Grammatiker zu den Diphthongen der spanischen Sprache ausser den bereits von uns als Diphthonge aufgezählten noch folgende: **ea** (*linea*), **eo** (*virgineo*), **eu** (*deuda*), **ia** (*gracia*), **ie** (*cielo*), **iu** (*ciudad*), **ue** (*duero*), **uo** (*arduo*), **ua** (*fragua*). Auch in den germanischen Sprachen, im Lateinischen, Italischen, Englischen (**ew**), im Polnischen (**ia**) u. m. a. kommen mehrere dieser Doppellaute, angeblich einsilbig, vor. Alle diese Doppelvokale unterscheiden sich von den wahren Diphthongen wesentlich dadurch, dass bei ihnen der Ton auf dem zweiten Vokale liegt oder gelegt wird, dass also die Sprachorgane von den indifferenteren, schwächern, ihrem Ruhezustande näher liegenden Vokale aus sich nach dem differenteren, lautern, mit mehr Mitteln vollzogenen Vokale hinbewegen, was aus physiologischen Gründen nicht anders, als in zwei Zeitabschnitten geschehen kann, einem kürzern **u** und einem darauf folgenden längeren, mag auch der erste so sehr abgekürzt werden, wie nur immer möglich ist. Eine solche Verschmelzung in eine Silbe, wie bei den wahren, mit dem volleren Vokale anlautenden Diphthongen, ist hier nimmer möglich. Immer bildet hier der anlautende Vokal einen Vorschlag, der vor allen Dingen gehört und unterschieden werden muss, also eine vorgesetzte neue Silbe, mag man diese in prosodischer Hinsicht berücksichtigen oder nicht. Denn dass in den spanischen Versen dergleichen Vokalzusammensetzungen einsilbig behandelt werden, ist eben weiter nichts, als prosodische Licenz, vermöge welcher ja auch in den alten griechischen und römischen Versmaassen z. B. statt eines Jambus, Spondäus oder Trochäus ein Daktylus oder Anapäst eintreten kann. So viel ist gewiss, dass wir diese wahrhaft iambischen, zweisilbigen Diphthonge durchaus von den wahren, einsilbigen (keineswegs trochäischen) Diphthongen unterscheiden müssen. Wenn gleich ein geübtes Sprachorgan einen iambischen Diphthongen recht gut so aussprechen kann, dass der anlautende Vokal so gut wie verschwindet oder in den auslautenden überfliesst, so bleibt doch immer ein gewisser,

wenn auch kleiner Zeitwerth übrig, der auf den Anlaut nothwendig fallen muss, soll anders nicht der Doppellaut volkommen in einen einfachen übergehen. Es verhält sich mit diesen iambischen Diphthongen ihrem Zeitwerthe nach genau so, wie mit einem zweisilbigen französischen Wort, dessen erste Silbe ein sogen. *e muet* hat, z. B. *petit*, welches Wort doch noch kein französischer Dichter meines Wissens als einsilbig gebraucht hat.

Kehren wir aber zu den wahren einsilbigen Diphthongen zurück, und betrachten wir einige ihnen gemeinschaftliche Eigenschaften. Was zuerst ihren Zeitwerth anlangt, so lassen sie sich zwar nicht ganz so kurz abfertigen, wie etwa ein einfacher Vokal, wenn er kurz und unbetont ist, aber sie lassen sich auch nicht, wie die einfachen Vokale, in die Länge ziehen, wofern sie nicht ihre monosyllabische Natur verlieren sollen. Streng genommen ist es daher allemal ein Fehler, wenn ein Tonsetzer einem Diphthong eine lange oder mehrere Noten unterlegt. Ein vernehmlich, nicht übereilt oder hastig, aber auch nicht schleppend pronuncirter Diphthong dauert etwa $^1/_2$, höchstens $^2/_3$ einer Sekunde oder 30 bis 45 Tertien. Wird er langsamer pronuncirt, so dass er eine ganze Sekunde und länger dauert, so geschieht dies gewöhnlich auf Kosten des Auslautes, welcher in die Länge gezogen wird. Doch dauert im pathetischen, gemessenen, feierlichen Vortrage auch der Anlaut länger, als im schnellern Tempo, welches sich, je nach der Fähigkeit der Organe, bis auf $^1/_6$ einer Sekunde oder 10 Tertien reduciren lässt. Soll ein Diphthong länger, als 1 Sekunde dauern, was, ausser den Exklamationen *ei, au, hoi* u. a., welche oft sehr gedehnt werden, wohl nur beim Gesange vorkommt, so wird der Anlaut verlängert, so viel wie erfordert wird, und der Auslaut mit seinem normalen Zeitwerth angefügt.

Die wahren Diphthonge finden sich nicht in allen Sprachen, so fehlen sie in den semitischen *) Sprachen und in der französischen Sprache fast gänzlich, in der spanischen zum Theil, auch im Italischen werden einige derselben zweisilbig ausgesprochen. Dagegen sind die griechische, die germanischen und die finnischen Sprachen reich daran.

Den Diphthongen lassen sich bei der Aussprache die meisten Konsonanten ziemlich leicht, andere aber nur mit einiger Mühe als Auslaut anfügen; am liebsten schliessen sie die Silbe selbst als Auslaut, welcher für sich schon so voll und rund ist, dass ein fernerer Ansatz oft als etwas Aufgedrungenes erscheint. Namentlich gilt dies von **R**, **Ch**, weit weniger von **F**, **K**, **N**, **L** u. s. w. So spricht sich *Beil, Reif, Hauk* ziemlich leicht aus; aber *air, aur, caür* zu pronunciren, ist ohne ein vorgeschobenes kurzes **e** (also zweisilbig) gar nicht möglih.

Diphthongen des ersten Ranges: **ai**, **au**, **aü**

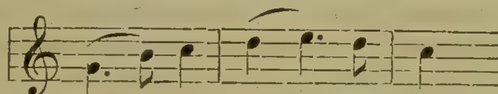
Ai.

Kein Diphthong hat zu grössern, nachhaltigern und allgemeiner verbreiteten Irrthümern hinsichtlich seiner schriftlichen Bezeichnung Anlass gegeben, als dieser; nirgends weicht die Schrift so arg von der Natur ab, wie hier, und es empört mich schier, dass auch ich in dieser meiner Schrift

---

*) Wenigstens statuiren die alten hebräischen Grammatiker für ihre Sprache keine Diphthongen, und sprechen ָו, ֵו, ַי, ָי, wie *aw, ew, aj,* nicht wie *au, eu, ai* aus.

diese Irrthümer beizubehalten gezwungen bin, weil mich der nun einmal in dieselben eingefleischte Leser entweder gar nicht verstehen würde, wenn ich naturgemäss meine Schriftzeichen aufzeichnete, oder mich darum verketzern würde, dassich klüger sein wollte, als er. Alle Welt schreibt nämlich **ei**: ich brauche nicht erst genauer darzulegen, wie dieser Diphthong ausgesprochen wird; und doch ist es in der Wirklichkeit durchaus nicht **ei**, sondern allemal **ai**. Wenn man das sogenannte oder sogeschriebene **ei**, wie es im Griechischen und im Deutschen vorkommt, aussprechen will, so bringt man seine Sprachorgane nicht etwa in die Lage und Stellung, wie sie für **e**, sondern fast ganz in die, wie sie für **a** bestimmt ist, und aus dieser **A**-Lage bewegt man dieselben unverweilt in die **I**-Lage hinüber. Auf diesem Wege müssen die Sprachorgane allerdings durch die **E**-Lage passiren, allein da sie daauf nicht verweilen, kommt der **E**-Laut durchaus nicht zur Geltung, sondern man hört nichts, als einen Laut, der mit **A** ansetzt oder anlautet, und sofort in **I** absetzt oder auslautet. Am deutlichsten kann man sich von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen, wenn man, wie im Gesange so oft geschehen muss, den in Rede stehenden Diphthong in die Länge zieht. Hier wird er ganz offenbar in seine beiden Elemente zerlegt, z. B.



und zwar geschieht dies durchaus, ohne dass zwischen dem **a** und **i** etwas von dem unterwegs liegenden **e** gehört wird. Würde man wohl den Diphthong wiedererkennen, wenn man singen wollte *me–ine, de–ine* u. s. w.?

Zur Schande des deutschschreibenden Volkes muss ich hier leider erwähnen, dass es in dieser Hinsicht, wie in mancher andern, gegen frühere Jahrhunderte einen bösen Rückschritt gemacht hat. Zu Anfange des 16. Jahrhunderts nämlich gingen die Deutschen hinsichtlich der schriftlichen Bezeichnung des gedachten Diphthongs oft richtiger zu Werke, als in den spätern aufgeklärten Zeiten. So besitze ich vom Jahre 1525 einige kleine polemisch-theologische Schriften, gedruckt zu Reutlingen und Augsburg, in welchen, wenn auch nicht allemal, aber doch meistentheils unser naturwidriges **ei** richtig durch **ai** ausgedrückt ist, z. B. *ain, hailig, Gerechtigkait, zaigen, Hayden* (das **y** statt **i** dürfen wir hier nicht übel nehmen), *zway* u. v. a.

Ich weiss wohl, was die Grammatiker zur Vertheidigung der allgemein eingeführten Schreibart anführen. Sie sagen, **ai** sei aus **ag** entstanden, **ei** aus **eu** oder sei Wiederholung des griechischen ει u. dgl. Ob nun die auf diese Art historisch-nothwendig (?) entstandenen Bezeichnungen*) allemal physiologisch richtig seien, das wollten sie nicht entscheiden, das komme aber auch vor dem grossen Nutzen, den jene Bezeichnungen in etymologischer Hinsicht gewähren, nicht in Anschlag. Uebrigens sei es ja in der deutschen Sprache noch lange nicht so schlimm, wie in der französischen und englischen, wo ja die Aussprache von der Schrift noch unendlich mehr abweiche, als in der deutschen Sprache. Alle diese und ähnliche Entschuldigungen und Recht-

*) Vergl. ferner Rapp Physiol. der Sprache S. 36. §. 25. Statt unsers **ai**, **au**, **aü**, setzt er *əi*, *əü*, *əu*, wo das *ə* als sogenannter Urlaut figuriren soll.

fertigungen mögen dem Grammatiker und Historiker allenfalls hingehen: aber wenn der Sprachlehrer, welcher die Aussprache seinem Zögling zu demontriren hat, diese Abweichungen der Schrift von dem Naturlaut vollkommen ignorirt, und dem Schüler wiederholt einredet, die Bezeichnung **ei** für den Sprachlaut, den er ihm vormacht, sei in allem Ernste die richtige, so ist dies eine wahre Versündigung an Gottes Natur und Kreatur.

Aber auch die Sprachlehrer werden sich auszureden wissen und etwa so sich ausdrücken: Ja, wenn der Diphthong **ei** in die Länge gezogen wird, dann wird freilich **ai** daraus, aber wenn er, wie sich beim naturgemässen Sprechen geziemt, rasch und einsilbig ausgesprochen wird, dann ist es uns nicht möglich, etwas vom **a** als Anlaut zu hören, sondern weit mehr vom **e**. Worte, wie *Main*; *Kaiser* u. s. w. sprechen wir ganz anders aus, als *ein*, *leicht*: das **ai** dauert länger, der Anlaut **A** tritt mehr hervor; beim **ei** dagegen ist der Anlaut so momentan, dass man die Natur desselben fast gar nicht recht fassen kann: es ist möglich, dass **e** nicht ganz die richtige Bezeichnung dafür ist, aber gewiss ist sie ebenso richtig als **a**, zumal da Sie selbst sagen, dass die Sprachorgane durch den **E**-Mechanismus durchpassiren müssen. *).

Alle diese Leute (leider gehört auch Angermann dazu) muss ich, damit sie sich selbst überzeugen, bitten, einmal vor den Spiegel zu treten, die Sprachorgane so zu stellen, als ob sie **e** pronunciren wollten, und nun ihr **ei** anzustimmen. Gelingt es ihnen, auf diese Art etwas dem **ai** nur einigermaassen ähnliches zu erzeugen, so sollen sie Recht behalten.

Ob der Anlautvokal eines Diphthongs mehr oder weniger hervorgehoben wird, darauf kommt es, wenn wir nach den Elementen desselben forschen, gar nicht an. Genug, das vulgo so geschriebene **ei** wird ausgesprochen **ai**, denn die Sprachorgane werden vom **A**-Mechanismus hinüber bewegt zum **I**-Mechanismus: kein physiologisches Gesetz steht fester als dieses.

Wohl aber macht es einen Unterschied, ob das **a** hier mit tiefem oder hohem Kehlkopfstande pronuncirt wird. Wir kommen zu Ende dieses Kapitels hierauf noch einmal zurück. Im Italischen und Spanischen ist das **a** in diesem Diphthong gewöhnlich lang betont, wodurch derselbe den Charakter eines Diphthongs des 3. Grades annimmt.

Nun giebt es aber einige dialektische Idiosynkrasieen, bei welchen wirklich das **ei** wie **ei** ausgesprochen wird: von diesen sprechen wir unter diesem Diphthongen selbst.

Das **Ai** ist, wie erwähnt, der vollkommenste, vollste, lauteste, klang- und gesangreichste Diphthong, eben weil er das ganze Vokalgebiet von einem bis zum andern Extrem durchläuft. Wird beim Gesang ihm ein grösserer Zeitwerth, als $^2/_3$ Sekunde gegeben, so wird er in ā — ĭ zerlegt. Sein musikaler Charakter richtet sich demnach zunächst nach **A**. Dasselbe gilt auch von den übrigen, mit **A** anlautenden Diphthongen.

In physiologischer Hinsicht drückt **ai** das freudige Staunen, das Glänzende, Heitere, Anlockende, aber auch eben deshalb die Regungen des Eigenwillens und der Sünde aus. Charakterworte sind: *Ei*, *Eis*, *heiter*, *Reiz*, *Geiz*, *Neid*, *nein*, *Zweifel* *(Deibel)*

An den Diphthong **ai** lassen sich alle Vokale, ausgenommen **i** und **ü**,

---

*) Ueber die hier gleichfalls als Argument anführbare Kombination αἐι s. zu Ende dieses Kapitels.

sehr leicht anfügen; ebenso auch, und zwar einsilbig, alle Konsonanten, bis auf **ch** *) und **R**. Zwischen **ai** und **r** schiebt sich allemal ein kurzes **E** ein; es ist nicht möglich, *air* anders, als *aiĕr* auszusprechen, wohl aber *ai-rene*, wo das **R** eine neue Silbe anfängt. Den Grund davon können wir erst angeben, wenn wir den Mechanismus des **R** vollständig erkannt haben werden.

Au.

Dieser Diphthong wird in den meisten alten und neuern Sprachen richtig geschrieben. Er kommt wahrscheinlich auch in den semitischen Sprachen vor, z. B. im Hebräischen als וּ (Schurek) mit vorhergehendem ָ (Kamez). Im Englischen wird er **ou** geschrieben, in ältern germanischen Schriften **aw**, fast dem Hebräischen analog.

Ueber die Elemente dieses Diphthongs ist daher wohl nie ein Zweifel gewesen: es ist das in eine Silbe beschleunigte **a** und **u**. Aus der **A**-Lage bewegen sich die Sprachorgane in die **U**-Lage; sobald dies geschehen ist, ist der Diphthong fertig.

Das **Au** klingt weniger laut, aber voller und imposanter, als **ai**; es lässt sich, ohne die Einsilbigkeit aufzugeben, etwas länger ziehen; beim Singen wird es, wenn die Note, auf der es liegt, länger als $^3/_4$ Sekunde dauert, in ā—ŭ zerlegt.

Es dient, als Naturlaut, zum Ausdruck des Schmerzes, ferner zur Bezeichnung des Weiten, Breiten, Offenen, auch des Weitschallenden u. s. w. Charakterworte sind: *Raum*, *Mauer*, *Maul*, *Rauschen*, *Brausen*, *Sausen*.

Auch das **Au** lässt sich nicht in einer und derselben Silbe mit **R** verbinden, wohl aber mit **Ch**, sowie mit allen andern Sprachlauten.

Das germanische **au** ist aus dem mittelhochdeutschen **û** entstanden, z. E. in *Haus, raunen, Mauer,* und aus dem mhd. **ou** in *taub, Baum* u. s. w. Zu bemerken ist hierbei, das dieses **ou** in der vertrauten Umgangssprache sich wieder einstellt; man sagt z. B. *toub*, *Boum;* aber nicht *Hous, Moüer*.

Aü.

Diesem Diphthong ist es, was seine schriftliche Bezeichnung, insofern diese ein Ausdruck seiner vokalen Elemente sein soll, anlangt, wenigstens eben so schlimm, wo nicht noch schlimmer ergangen, wie dem **Ai**. Wie dieses an die Stelle von **ei**, so ist **aü** in den Sprachen, welche die Naturlaute in ihrer Schrift getreu wieder zu geben bemüht sind, an die Stelle von **eu** zu setzen. So ist also *Treue, Reue, Leute, heute* auszusprechen und wo möglick auch zu schreiben: *Traüe, Raüe, Laüte, haüte.* Dieses **eu** (in den angeführten Wörtern) ist aus dem Mhd. **iu** (oder **ew**, wie noch im Neuenglischen) entstanden. Deswegen können wir es aber immer naturgemäss schreiben, und brauchen uns nicht einzubilden, **eu** sei die wahre, richtige Bezeichnung für den geforderten Sprachlaut. Ausserdem findet sich unser Diphthong noch als Umlaut des **au**, besonders im Plural der Wörter, die im Singular **au** haben. Hier hat sich in der zeitherigen Schriftsprache aber-

---

*) Hier habe ich freilich nicht den geschriebenen Sprachlaut im Sinne, wenn dieser **g** moll ausdrückt, sondern den Gaumenlaut, wie er weiter unten beschrieben werden soll.

mals ein recht abgeschmackter Fehler eingeschlichen: man schreibt nämlich nicht, wie man naturgemäss sollte, *Maüse, Baüme, Raüber,* sondern *Mäuse, Bäume, Räuber.* Diese Schreibweise hat gar keinen nur einigermaassen scheinbaren Grund für sich, und ist demnach ernstlich zu rügen und schlechterdings zu verbannen, eben so wie das **eu**, welches doch wenigstens auf einem historisch-etymologischem Grunde beruht. Angermann ist auch seiner Sache gar nicht gewiss. Er sagt (S. 19. 20): Soll die normalmässige [!] Bildung für die Schreibweise entscheiden, so müssen wir **äü** und **eü** schreiben; bei richtiger Bildung geht das **ä** und **e** in **ü**, nicht in **u** über, **äu** und **eu** geben keine Diphthongen.

Bei **aü** bewegen sich die Sprachorgane in mehr oder weniger raschem Tempo aus der **A**-Lage in die **Ü**-Lage, und wir brauchen über diesen Mechanismus nach dem, was wir über diese beiden Vokale im Einzelnen erwähnt haben, kein Wort weiter zu verlieren. Beim Singen wird dieser Diphthong unter denselben Verhältnissen, wie **ai** und **au**, in seine beiden Elemente zerlegt.

Der natürliche Charakter des **aü** ist Symbol des aufgeregt Leidenschaftlichen, des Schauerlichen, Heimlichen, Tückischen, Uebelwollenden, Klagenden, Trauernden, z. B. *Heulen, Feuer, Eule, Reue, Meute, Meucheln, Scheu* u. s. w. Der Unterschied zwischen **aü** und **ai** ist besonders auffallend und nachweisbar in *Feuer* — *Feier, heulen* — *heilen, scheuslich* — *sch . . . lich* u. s. w. Aus diesem Grunde haben gewiss auch die alten Griechen ihr ευ, was durchaus mehr einen freudigen Charakter an sich trägt, anders ausgesprochen, als wir, wahrscheinlich wie unser **ei**; aus diesem Grunde möchte ich auch statt *Freude,* welches Wort offenbar das griechische ευ in sich trägt, lieber schreiben und sprechen: *Fraide.*

Das **aü** lässt sich eben so wenig mit **ch** und **R** verbinden, als das **ai.**

Diphthongen des 2. Ranges: oi, ou, oü.

Diese Diphthongen kommen, eben weil sie den 2. Rang einnehmen, an Lautbarkeit also den vorstehenden schon etwas nachstehen, in den Sprachen weniger vor, als die des ersten Ranges, obwohl sie im Leben bei weitem häufiger gehört, als sie in der Schrift aufgezeichnet werden. Eine so innige Agglutination beider Vokale findet hier nicht statt, vielmehr lassen sich beide, namentlich auch das **O**, ziemlich gut unterscheiden, weshalb auch in der Schrift in dieser Hinsicht keine Irrungen vorzukommen pflegen.

Oi.

Dieser Diphthong kommt in der deutschen und englischen Sprache fast gar nicht, wohl aber in der spanischen und einigermaassen auch in der französischen Sprache vor; die Neugriechen sprechen ihr **oi** so ziemlich wie **i** aus; die Altgriechen haben ihr οι jedenfalls richtig ausgesprochen, wenn auch nicht zu allen Zeiten und Orten, und die Völker des an Diphthongen so reichen finnischen Sprachstammes besitzen das **oi** gleichfalls und sprechen es richtig als einsilbigen Diphthong aus. — Unrein, und in seiner Aussprache an **og** oder **oj** anstreifend findet sich jedoch das **oi**, gewöhnlich **oy** geschrieben, öfter z. B. *Boye, Boyle, Boyer, Boyau*

Auch beim **Oi** wird der Vokalapparat von den Sprachorganen in ziemlicher Ausdehnung, wenn auch nicht ganz so weit, wie bei **ai** u. s. w., durch-

laufen. Es können jedoch dieselben hier keinen so scharfen Anlauf nehmen, wie beim **A**, weshalb einestheils die Lautbarkeit des **Oi**, anderntheils die Kohäsion oder Agglutination seiner Elemente geringer ausfällt, als bei Diphthongen erstes Ranges.

Oi, sowie die übrigen Diphthongen des 2. und 3. Ranges, ermangeln so ziemlich des natürlichen Charakters ganz und gar. Höchstens der in einigen Strichen Deutschlands vorkömmliche Ausruf *Hoi*, womit die Bauern ihre Pferde, wenn sie zu lebhaft werden, zu besänftigen suchen, lässt sich hierher rechnen.

In manchen deutschen Dialekten wird **ai** in **oi** verwandelt, z. B. *Woin* statt *Wein*, *koi* statt *kein* u. s. w.

Ou.

Dieser Diphthong wird gewöhnlich als solcher übersehen, ob er gleich in der gewöhnlichen Umgangssprache oft genug vorkommt, und auch nach Grimm im Althochdeutschen, Mittelhochdeutschen und Niederländischen zu finden ist. Im Englischen wird er durch **ow** oder durch **eau** ausgedrückt; aber, wenn wir physiologisch genau untersuchen wollen, werden wir finden, dass fast jedes lange **o**, im Deutschen sowohl als im Französischen und andern Sprachen, besonders wenn ein **m**, **n**, **ch**, **b** als Auslaut darauf folgt, sich in ein kurzes **u** auszieht, z. B. *baume* (französisch), *Ohm*, *Ober*, *aune* (französisch). In der die reinen Diphthongen vermeidenden oder auf reuchlinische Manier verstümmelnden Umgangssprache des Meissner oder Leipziger Dialekts findet sich dieses **Ou** sehr häufig, z. B. *ōŭch* statt auch, *Bōŭm* statt Baum, *jōŭ* statt ja doch. Immer tritt aber das **O** als Hauptvokal hervor, und das nachlautende **u** verhält sich, wie das stumme oder kurze **e** in *Feur* u. a. m. — In den finnischen Sprachen wird **ou** als selbstständiger Diphthong auch schriftlich anerkannt.

Oü.

Dieser Diphthong ist eben so gut und leicht zu pronunciren, als **oi**, und ist zu verwundern, dass er, so viel ich sehe, noch keinen schriftlichen Repräsentanten in den Sprachen gefunden hat. Denn das **oy** im Französischen und Englischen dürfte nur in wenigen Fällen dem natürlichen **oü** entsprechen. Da aber das **oü** vom Sprachorgan so leicht zu erzeugen ist, und dasselbe, eben weil es natürlich ist, auch nicht unästhetisch sein kann, so muss es auch in dem sprachlichen Verkehr vorkommen, wenn gleich kein Zeichen dafür existirt. Ich vermuthe jedoch nicht ohne Grund, dass das **öy** des finnischen Sprachstamms unser **oü** vorstellen soll.

Diphthonge des dritten Ranges: **ei**, **ui** (**äi**, **äy**, **öi**, **öy**).

Ei (Ey).

Dieser Diphthong, den ich also ja nicht mit dem **ai** zu verwechseln bitte, kommt in der Wirklickeit, in der lebendigen Sprache verhältnissmässig selten, in der Schrift leider in Folge des unter **ai** ausführlich erörterten Miss-

verständnisses sehr häufig vor. Ich kann nicht umhin, noch einige Bemerkungen über die Entstehung dieses in der That sonderbaren, seit vielen Jahrhunderten bis auf die Gegenwart vererbten Irrthums beizufügen.

Dass die alten Griechen ihr ει, wie Erasmus annimmt, wie **ai** ausgesprochen haben sollen, auf welcher Voraussetzung sich offenbar auch die Sanktonirung des **ei** als schriftlicher Ausdruck für **ai** in den späteren Sprachen gründet, ist meines Erachtens sehr problematisch. Vielmehr sprechen mehrere Gründe dafür, dass sie es ganz naturgemäss so ausgesprochen haben, wie es geschrieben wird. Denn wir finden viele Beispiele in der griechischen Sprache, wo statt ει bald das einfache ε gesetzt wird, z. B. ἐς satt εἰς, ἐμὶ statt εἰμὶ, ἔα statt εἴα, ἔαρ statt εἶαρ; und andere, wo ι dafür eintritt, welches gar nicht immer ein langes, sondern oft ein kurzes ist, z. B. ἴδω, ἰδέω statt εἴδω, εἰδέω, ἴομαι statt εἴομαι u. s. w.; wobin auch αἰκία (ohne Puncta diaereseos) statt ἀεικία gehört (woraus beiläufig hervorzugehen scheint, dass die Griechen ihr αι ebenfalls richtig ausgesprochen haben). Je nachdem nun der eine griechisch redende Volksstamm mehr das ε, der andere mehr das ι bei der Pronuncirung des ει hervorhob, liess er auch in seiner Schrift nach Umständen den minder betonten Vokal weg. Wollte aber ein anderer Volksstamm (wie die Dorier) das ει wirklich wie αι pronunciren, so schrieb er auch dafür αι, von welcher Umlautung gleichfalls genug Beispiele vorliegen.

Warum sollten die alten Griechen, welche die Natur so richtig in allen ihren Darstellungen wiedergaben, gerade in ihrer Schriftsprache einen so argen Fehler gemacht haben? Sollten sie nicht wenigstens eben so treu der Natur geblieben sein, wie es noch gegenwärtig die sogenannten Ungebildeten unserer Nation thun, welche, gewiss nicht in der Absicht, etwas Unschönes oder einem zarten Ohre Widerwärtiges hören zu lassen, sondern vielmehr aus einer unaustilgbaren Ahndung des Naturgemässen, das **ei** in sehr vielen Fällen, wo andere dafür **ai** setzen, ganz richtig aussprechen? Der gewöhnliche Sprecher des meissner Dialektes spricht Eĭ, *meĭnen* (opinari), *eĭn, keĭn, neĭ*(n), *zweĭ* u. v. a., dagegen *main, dain, drai, Zait, raiten* u. v. a. Im Westphälischen traf ich einmal einen Mann, der das **ei** in vielen Worten richtig aussprach, und mir unter andern den Namen des Wirths, den er mir für mein nächstes Nachtquartier empfahl, *Theiss* pronuncirte, nicht *Thaiss*. Demnach glaube ich, dass das Schriftzeichen **ei** in den frühesten Zeiten genau so, wie es dasteht, ausgesprochen wurde, und dass erst später, mit zunehmender Bildung und Abfall von der Natur, **ai** dafür substituirt wurde. Noch unverkennbarer ist der Diphthong **ei** im Griechischen ῃ (Eta mit Jota subscriptum) zu finden, eben so wie **ói** und **ái** in ῳ und ᾳ. S. auch Rapp l. l. S. 162.

Im Spanischen und im Finnischen ist **ei** und **ey** ein selbstständiger Diphthong; im Französischen findet es sich zuweilen als **ay** geschrieben, z. B. in *paysan* (merkwürdiger Gegensatz zum **ai** = **ei**); im Italiänischen kommt es in der ersten Person des *Tempo passato* der Verba in *ere* regelmässig vor, und wird hier einsilbig behandelt, obwohl das **e** hier ziemlich lang betont wird. Ueberhaupt lässt sich, wie schon früher erwähnt wurde, das **e** in **ei** nie so kurz betonen, dass es mit dem **i** sich zu einem wahren Diphthongen amalgamiren könnte. Doch ist immer noch ein grosser Unterschied zwischen *pey–ne* (spanisch) und *e–is* (lateinisch).

Ui (Uy).

Das **ui** kommt noch seltener als Diphthong vor, als das **ei**; im Französischen findet es sich verhältnissmässig noch am häufigsten, z. B. in *lui*, im Spanischen desgleichen, z. B. in *ruido, huytre,* im Deutschen ist es rein nur in Ausrufworten, wie *hui, pfui* vorhanden. Ob die alten Griechen ihr υι so wie wir unser **ui** ausgesprochen haben, dürfte schwer zu beantworten sein. Die finnischen Sprachen scheinen das **ui** öfter anzuwenden, dagegen lautet das französische **uy** wie **ü** oder **aü**, das englische **ui** und **uy** bald wie **u**, bald wie **ai**. Die russische Sprache hat ein einfaches, wenigstens zum Alphabet angehöriges Zeichen (Jervi) dafür.

Es gehört immer eine ziemliche Anstrengung der Exspirationsmuskeln dazu, die beiden Vokale **u** und **i**, welche physiologisch so nahe einander liegen, in einen Diphthongen zu beschleunigen, und man hat sich in Acht zu nehmen, entweder dass es nicht wie **ü** erklinge, oder dass nicht zwei Silben daraus werden.

Die mit Mischvokalen gebildeten Diphthongen **äi**, **äy**, **öi**, **öy** kommen nur in der finnischen Sprache vor. Auch bei diesen Doppellauten hält es schwer, Anlaut und Auslaut so zusammenlaufen zu lassen, dass beide sich distinguiren lassen, ohne in zwei Silben getrennt zu werden.

Noch einige Worte über die italischen

Dittonghi distesi: **áo**, **áe**, **ai**, **au**, **eu** u. a.

Diese Doppellaute kommen sämmtlich im Italischen vor, welche Sprache überhaupt jede innigere Verschmelzung der Vokale verabscheut.

áo findet sich in solchen Wörtern vor, die ursprünglich ein **au** hatten, z. B. *Páolo* (Paulus). Das **A** wird hier sehr vernehmlich und mindestens eben so gehört, wie das **e** in **ei** und **u** in **ui**; es ist daher eine blosse Uebereinkunft, diesen Diphthongen als einsilbig zu behandeln. Weder die Griechen noch andere Völker haben sich diese Freiheit erlaubt.

áe setzt der Italiäner, wo andere Sprachen **ä** setzen, z. B. *áere.*

ai scheint bei demselben Volk bald das **ä**, bald das **ai** anderer Sprachen ersetzen zu sollen. Es wird also nicht wie unser **ei**, mit momentaner, sondern mit wirklich temporärer **A**-Lage, bei welcher das **a** deutlich vom Ohre unterschieden werden kann, ausgesprochen, z. B. *dáino.* Es kommt auch im Englischen vor, als **òi** oder **òy**, z. B. *nòise, boy* = *nais, bai* und etwas kürzer betont in *pòint, emplòy* = *paint, emplai.*

áu. Der Italiäner spricht auch sein **au** keineswegs so wie wir aus, sondern räumt bald dem **a**, bald dem **u** grössere Rechte vor dem andern Vokale ein, weshalb er auch bald über den einen, bald über den an andern Vokal einen Akcent setzt. **áu** findet sich z. B. in *Láura, Láuro, áura* und allen andern mit **au** anfangenden Wörtern.

éu. Ebenso soll es der Italiäner mit **eu** in Wörtern machen, welche in andern Sprachen ein **aü** ertönen lassen, z. B. *Féudo, Éuro.* So schreiben mehrere Sprachlehrer, und wer ihre Angaben liest, muss nothwendig annehmen, dass in diesen Worten **e** und **u** wirklich gehört werden. Dass dem aber nicht so ist, kann jeder, der Italiänisch sprechen gehört hat, versichern. Es ist ein „**aü** *disteso*“, nicht ein **éu**.

Auch **ée** kommt im Italiänischen als Diphthong vor, z. B. *idee;* ferner **io**, **eo** und einige andere.

Von den jambischen Diphthongen, welche den Akcent auf dem 2. Vokale haben. Dittonghi raccolti der Italiäner.

Hierher gehören die schon erwähnten, besonders im Spanischen und Italischen vorkömmlichen **ea**, **eo**, **eu**, **ia**, **ie**, **ii**, **io**, **iu**, **ua**, **ue**, **ui**, **uo**. Von diesen kommt **iu** als einsilbiger Laut auch im Englischen vor, wo es **ew** geschrieben wird. Wir brauchen uns bei diesen Lauten weiter nicht aufzuhalten und verweisen auf das früher von denselben Gesagte.

Hier muss ich jedoch noch auf einen Irrthum aufmerksam machen, in den mehrere italische Sprachlehrer hinsichtlich des auf das sogenannte gequetschte **c** und **g** (**dsch**) folgende **i** verfallen sind. Wenn nämlich auf dieses **i** ein zweiter Vokal folgt, so meinen sie, es entstehe daraus kein Diphthong, sondern es stehe in Wörtern dieser Art, z. B. *ciarlare, ciuccio*, dieses **i** gar nicht, um ausgesprochen zu werden, sondern nur, um anzuzeigen, dass vor dem **a**, **u** u. s. w. das **c** wirklich wie **dsch**, nicht wie **k** ausgesprochen werden solle. Dies ist nicht ganz richtig. Das **i** wird hier zwar nicht so vernehmlich ausgesprochen, wie z. B. in *fiamma*, indessen doch so viel, um gehört werden zu können, und bildet eben so gut, wie in letzterem Worte, einen Dittongo raccolto.

Mehrere der schon im vorigen Abschnitt erwähnten Diphthonge kommen auch schon oft jambisch, den Akcent auf dem zweiten oder Auslautvokale, vor, wie **ai** in *aíta* (italiänisch), **au** in *paúra*. Ueberhaupt hängt es in der italiänischen Sprache sehr von den andern Regeln (namentlich der Silbenanzahl eines Wortes) untergeordneten Stellung des Akcentes ab, ob ein Diphthong trochäisch oder jambisch, den Ton auf dem Anlaute oder dem Auslaute habend, pronuncirt werden soll. So ist **ai** in *aita* jambisch, in *aitare* trochäisch, so wechselt **au** in *paúra* und *páurōso*, so **uo** in *suóno* und *súonāre* u. s. w.

Triphthonge und Tetraphthonge.

Werden drei oder gar vier einfache Vokale in eine Silbe zusammengezogen, so entsteht ein Triphthong oder Tetraphthong. Dergleichen Mehrlaute hat zwar die deutsche Sprache nicht, wenigstens geben sich die Völker des germanischen Sprachstamms keine Mühe, mehr als zwei Vokale in eine Silbe zu ziehen, wohl aber finden sich dergleichen in den meisten übrigen europäischen Sprachen. Im Französischen und Englischen stehen oft drei Vokale neben einander auf dem Papier, werden aber als einfacher oder höchstens Doppelvokal ausgesprochen, z. B. **eau**, **oeu**, **eui**, **oui**, **eoi**, **aye**, **eye**, **oue**, **ouai**, **iou**, **ieu** u. s. w. Im Italischen und Spanischen dagegen finden wir wirkliche Trittonghi, z. B. **iai**, **uoi**, **uai**, **iei**, bei denen der Ton immer auf den mittlern Vokal fällt. Vom physiologischen Standpunkte aus müssen wir diese Triphthongen mindestens als zweisilbig, und zwar jambisch, betrachten, denn auf den Zeitwerth, der von geläufigen Sprachorganen allerdings sehr abgekürzt werden kann, kommt es hier nicht an.

Noch einige Bemerkungen über die einfachen Vokale und Diphthonge.

1) Obwohl zur normalen, wohlklingenden Pronuncirung der Vokale die von uns angeführten Modifikationen der gegenseitigen Lippendisposition,

der Zungenstellung u. s. w. durchaus erfordert werden, so vermag doch das eine mechanische Moment das andere in gewisser Ausdehnung zu übertragen. Man kann, wenn auch nicht schön, aber doch so ziemlich unterscheidbar, bei einer und derselben engen Mundöffnung alle 5 Vokale aussprechen, sobald nur die Zunge innerhalb der Mundhöhle ihre bestimmten Bewegungen ausführt. Ebenso kann man die Aktion der Zunge einigermaassen zurücktreten und dafür die Lippen um so energischer fungiren lassen, um denselben Effekt hervorzubringen. Ich kann jedoch diesen von Kudelka (S. 10 und 12) angeführten Versuchen keine grosse Wichtigkeit beilegen, eben so wenig wie den von Willis (s. S. 782) und von Kudelka gemachten Versuchen, die Vokallaute auf mechanischem Wege nachzuahmen. Wenn Kudelka den offenen Mund mit der flachen Hand bedeckte, ohne ihn jedoch luftdicht abzusperren, hierauf den Laut **U** aussprach, und die Hand, während er ihn dehnte, rasch hinwegnahm, so hörte er nicht mehr **u**, sondern dafür **o**; eben so hörte er bei gleichem Verfahren statt **o** — **a**, und statt **e** — **i**. Ich habe diese Versuche unbefangen wiederholt, aber ein durchaus negatives Resultat erhalten. Es scheint sich damit beinahe, wie mit dem Tischrücken und ähnlichen Versuchen, wo der Wille die Hauptrolle spielt, zu verhalten.

2) Schmalz (a. a. O. S. 294) nimmt folgende Diphthonge an: **au**, **äu**, **eu**, **ei**, **oi**, **ui**. Jeden derselben lässt er sich aus 3 Tönen zusammensetzen, indem der Ton von einer Mundstellung in die andere durch eine (mittlere) dritte hindurchgehe. So ist nach seiner Ansicht **au** zusammengesetzt aus **a**—**o**—**u**; **äu** aus **a**—**ö**—**ü** (weshalb man auch **aü** schreiben solle); **eu** aus **ä**—**ö**—**ü** (also richtiger zu schreiben **äü**); **ai** aus **a**—**e**—**i**; **ei** aus **ä**—**e**—**i** (also richtiger geschrieben **äi**); **oi** aus **o**—**ö**—**i**; **ui** aus **u**—**ü**—**i**. Gegen die Beschränkung der Zahl der Diphthongen lässt sich nichts einwenden, da Schmalz zunächst den Unterricht der Taubstummen, und zwar der deutschen Taubstummen, im Auge hat; allein seine Zerlegung jedes Diphthongen in 3 Laute ist unrichtig und sogar unpraktisch, und eben so falsch ist seine Behauptung, dass **eu** und **ei** mit **ä** anlauten soll. Richtiger verfährt Heyne (Vollst. Lehrb. der reinen franz. Ausspr. S. 56), welcher **ai** mit **à** (dem breiten **ä**), und **eu** mit å (dem dumpfen **a**) anlauten lässt.

3) Für die Rechtschreibung der einzelnen Diphthonge sind wir bei unsern Untersuchungen zu folgenden Resultaten gelangt.

a. Das **ei** und **eu** ist in allen Sprachen, welche es sich zum Gesetze gemacht haben, die Natur in der Schrift treu nachzuahmen, vor allen Dingen also in allen Anweisungen zur Aussprache der verschiedenen Sprachlaute, zu streichen, und dafür allenthalben **ai** und **aü** zu setzen. Diese Regel leidet schlechterdings keine Ausnahme.

b. Zwischen dem bisherigen **ai**, **aü** (nicht **äu**, welches ganz falsch ist und ebenfalls durchweg zu streichen ist) und **ei**, **eu** (welche Schmalz als von beiden erstern verschiedene Diphthongen nimmt, und durch **äi** und **äü** zu bezeichnen vorschlägt), ist nur der Unterschied, dass bei ersteren der Anlaut, nach Art der Italiäner, mehr gedehnt oder hervorgehoben wird, bei letzteren dagegen rasch, und ohne darauf zu verweilen, pronuncirt wird. In der Schrift dürfte dies am passendsten durch einen auf erstere gesetzten Akcent unterschieden werden, so dass das bisher recipirte **ai** und **äu** geschrieben werde: **ái**, **áü**, und das bisherige **ei**, **eu** einfach: **ai**, **aü**.

4) Das **y**, welches in unserer Vokalreihe unberücksichtigt geblieben ist,

muss in den lebenden Sprachen durchaus wegfallen, da es keinen physiologischen Sinn mehr hat. Denn das griechische υ entspricht durchaus unserm **ü**, dies lehrt schon die Form des Schriftzeichens **Y**, welches offenbar zusammen gesetzt ist aus **V** und **I**, welches wir mit **y** zu vertauschen gar keinen Grund haben, obgleich es vor 50 und mehrern Jahren in der Schweiz oft geschah, und in Verbindung mit andern Vokalen (**ey**, **ay**, **oy**, **uy**) figurirt es ganz ohne Noth als reines **i**, für welches wir ebenfalls an Einem Zeichen vollauf haben. Als Jot (oder als Ji) ist es auch zuweilen gebraucht worden, aber auch ohne Noth. Sollen wir einen Gebrauch unserer Vorfahren, nachdem wir ihn als Missbrauch erkannt haben, noch länger fortsetzen?

5) In manchen Sprachlautlehren wird ein Unterschied zwischen hohen (scharfen, *aigu*) und tiefen (gedämpften, breiten, *grave*) Vokalen gemacht, und durch die Akcente ´ und ` bezeichnet, welche offenbar den griechischen Acutus und Gravis entsprechen sollen. Es ist mit der Nachahmung dieser griechischen Akcente zu allen nachhellenischen Zeiten grosser Unfug getrieben werden, der nach meiner Ansicht zunächst auf einem Missverständnisse gewisser Ausdrücke beruht, welche von den griechischen Grammatikern gebraucht wurden. Diese nannten nämlich den gewöhnlichen Akcent, welcher auf die Silbe eines griechischen Wortes, das kurz und scharf betont werden soll, gesetzt wird, in allen Fällen, wo er auf der letzten Silbe eines innerhalb des Satzes stehenden Wortes fällt, Gravis, bezeichneten ihn durch _`, und wollten damit andeuten, dass der Tonfall unter diesen Umständen kein vollständiger sein sollte, sondern nur ein halber, gemässigter, vom Flusse der Rede getragener. Die Fragpronomina τίς, τί mussten aber aus diesem Grunde ihren Acutus behalten, weil zu einer Frage eben eine schärfere Betonung erforderlich ist. Demnach hatten die Griechen, wie es auch ganz naturgemäss war, eigentlich nur Einen Akcent, der für Silben, welche kurz oder scharf betont werden sollten, durch den Acutus _´, für solche dagegen, die lang betont, in denen also der Vokal länger gehalten werden sollte, durch den Circumflexus _~ bezeichnet wurde, und nur in den Endsilben einer zu einem Satze gehörigen Folge von Wörtern in den sogenannten Gravis abgeschwächt wurde. Die späteren Grammatiker verstanden aber diese von Haus aus ganz richtige Verfahrungsweise falsch, gebrauchten ihre Akcente zur Bezeichnung von Dingen, welche der ursprünglichen Idee sehr fern lagen, z. B. den Circumflex zur Bezeichnung der Zusammenziehung zweier Vokale, oder zur Andeutung des Ausfalls eines Konsonanten, ja sie bedienten sich oft geradezu des abgeschwächten Akcentes, des alten Gravis, als Hauptakcentes, setzten ihn an die Stelle des wahren Acutus, und wandten den letztern, das Zeichen _´ an, um anzudeuten, dass ein gewisser Vokal überhaupt nur in der Rede gehört werden sollte. So in der französischen und italischen Sprache, wo der Gravis seit langen Zeiten an die Stelle des ursprünglichen Acutus getreten ist. Vergl. das über das französische **E** hinsichtlich der Akcente bemerkte. Auf diese Art kam es endlich dahin, dass die nach der ursprünglichen Idee so ganz harmlose, eigentlich nur formelle Unterscheidung des Akcents in einen Acutus und Gravis in einen förmlichen Aberglauben, in die Annahme zweier specifisch verschiedener Akcente, denen mithin etwas Wirkliches nothwendig entsprechen müsse, ausartete, welcher Aberglaube bis jetzt in den Köpfen aller ohne Ausnahme, die über diesen Gegenstand geschrieben haben, fort gespukt hat. Man hat gegenwärtig daran nicht genug, die Akcente zur Bezeichnung des Tonfalls oder des ex-

spiratorischen Ausdrucks zu gebrauchen, sondern sie müssen, was doch ihrem ursprünglichen Wesen ganz zuwider ist, auch als Zeichen qualitativer Lautverschiedenheiten dienen, so dass ein und dasselbe Vokalzeichen einem ganz andern Sprachlaut entspricht, wenn der Acutus auf ihm steht, als wenn es den Gravis erhalten hat. Am spitzfindigsten hat es Schulthess getrieben, welcher (in seiner Schrift über das Stammeln und Stottern S. 7. 8) sämmtliche Vokale, jeden für sich, nur **a** ausgenommen, mittels dieser beiden Akcente in hohe und tiefe unterscheidet. Die hohen Lautformen bezeichnet er mit dem Acutus, die tiefen mit dem Gravis. Jeder solche hohe oder tiefe Vokal kann nach seiner Ansicht lang oder kurz sein. So soll z. B. das tiefe (gedämpfte, breite, femininum [?]) **e**, also **è**, lang sein in *schwer*, kurz in *Lärm* [hier ist ja aber gar kein **e** vorhanden!]; das hohe, scharfe **e** (**e** acutum, masculinum) = **é** lang sein in *See*, kurz in *Bett*: so ist das tiefe **i** des Schulthess lang in *viel*, *ihm*, *mir*, kurz in *in*, *Milch*; sein hohes **i** (z. B. *sie*, *Vieh*) dagegen ist immer lang, u. s. w. Auf diese Art erhält Schulthes 15 einfache Vokale, von den er sagt, dass sie wenigstens in der Zürcherischen Mundart bestimmt von einander unterschieden würden. Gegen diese und ähnliche Verfahrungsweisen ist Folgendes zu erinnern. Niemand wird es einem Sprachlautlehrer oder Schriftsteller verargen, wenn er sich zur Bezeichnung gewisser Lautverschiedenheiten oder Eigenschaften solcher Zeichen bedient, die bereits bekannt sind, zumal, wenn dieselben zu ihrem ursprünglichen Zwecke nicht mehr verwendet werden. In den neuern Sprachen werden nun einmal die Akcente weder in der Ausdehnung, noch in dem Sinne gebraucht, wie es von den alten Griechen geschah (und von den Neugriechen noch gegenwärtig geschieht), sondern um specielle Lautverschiedenheiten anzuzeigen, und um durch dieses Mittel die Vervielfältigung der Vokalzeichen zu umgehen. Aber man hat hierbei Dinge mit einander zu vereinigen gesucht, die durchaus keine Vereinigung zulassen. Man hat die ursprünglichen Begriffe „scharf" und „dumpf oder abgeschwächt" ganz verdreht und auf Dinge angewandt, die gar keine reelle Grundlage haben. Man hat hohe und tiefe Vokale unterschieden, ohne recht zu wissen, was man mit diesen Ausdrücken sagen will. Heyne spricht nur von einem hohen **E**, das im Deutschen wie im Französischen vorkommen soll*), setzt diesem aber kein tiefes, sondern, wenn ich ihn recht verstehe, ein langes **E** entgegen. Also würde ein hohes **E** wohl so viel sein, als ein kurzes, betontes **E**. Schulthess dagegen unterscheidet in seinen hohen sowohl als tiefen Vokalen die verschiedene Quantität; er legt also den Ausdrücken Hoch und Tief eine ganz andere Bedeutung unter. Worin liegt nun also das Hohe und Tiefe? Ist hier Hoch soviel wie hell, scharf, und Tief soviel wie hohl, dumpf? Aber wie kann ein heller, scharfer Vokal lang, und wie kann ein hohler, dumpfer Vokal kurz sein? Warum soll z. B. in *nur* das **u** tief, in *Uhr* hoch sein? Warum das **ü** in *Thüre* tief, in *Süd* hoch? Dennoch kann Schulthess seine Distinktionen nicht ganz aus der Luft gegriffen haben. Ich kenne den Züricher Dialekt (oder, um mich französisch auszudrücken, *Accent*) nicht, und Schulthess ist todt, daher kann ich mich hier nur auf das einlassen, was die exakte physiologische Beobachtung uns an die Hand giebt.

*) Die richtige Aussprache des **E** erfordert, dass man die Zunge etwas breiter werden und noch fester an die untere Zahnreihe kommen lässt, als bei der Aussprache des **ä**, dass man sie aber viel höher gegen die Gaumenhöhlung hebt, und die Oberkehle noch ein wenig mehr zusammenzieht. Heyne a. a. O. S. 5.

Mit den Ausdrücken Hoch und Tief, wenn sie von Sprachlauten gebraucht werden, will man jedenfalls bezeichnen, dass letztere auf das Gehörorgan den Eindruck machen, also ob sie entweder aus einer geringern oder aus einer grössern Tiefe hervorkämen. Nun haben wir aber bei unsern frühern Untersuchungen gefnuden, dass man die meisten Vokale, namentlich **A**, bei sehr verschiedenem Kehlkopfstande produciren kann, auf welchem Unterschiede zum grossen Theil das beruht, was wir nach Garcia's Vorgange helles und dunkles Timbre genannt haben. Die Bezeichnungen hoch und tief beziehen sich ganz unzweifelhaft auch hier, in dem von Schulthess gebrauchten Sinne, auf den Kehlkopfstand, wenn gleich Schulthess diese Beobachtung noch nicht gemacht zu haben scheint. Demnach würden wir unter einem hohen Vokal des Zürcherischen Dialekts einen solchen zu verstehen haben, der bei hohem Kehlkopfstande, unter einem tiefen einen solchen, der bei tiefem Kehlkopfstande gebildet ist. Nun hat aber jedenfalls dem Schulthess, eben weil er dies Verhalten des Kehlkopfs nicht kannte, die nöthige Fähigkeit gefehlt, in dieser Hinsicht reine Beobachtungen anzustellen, und er hat offenbar Wesentliches mit Zufälligem vermengt, Nationales mit Individuellem identificirt, und, was das Schlimmste ist, keinen Unterschied in der Befähigung der einzelnen Vokale, bei verschiedenem Kehlkopfstande gebildet zu werden, gemacht. Auch scheint es mir kaum glaublich, dass die Züricher gerade den Vokal **A**, der, wie wir wissen, dem Kehlkopf den grössten Spielraum darbietet, nicht nach seiner Höhe und Tiefe unterscheiden sollten, während sie dies mit Vokalen, die weit mehr an einen bestimmten, höhern oder tiefern Kehlkopfstand gebunden sind, thun sollen. Richtig ist jedenfalls, dass man einen in unserem Sinne tiefen Vokal (bei Timbre obscur) eben so gut kurz oder lang aussprechen kann, als einen mit hohem Kehlkopfstand gebildeten. Aber ein **i** bei tiefem Kehlkopfstande rein auszusprechen, ohne in **ü** zu fallen, dürfte selbst einem geborenen Züricher schwer fallen.

Ausser dem Kehlkopfstande scheinen noch andere artikulatorische Elemente hier mitzuwirken. Bei den sogenannten tiefen Vokalen wird die Mundöffnung etwas mehr verkürzt, und die Lippen nach Umständen mehr vorgeschoben, als bei den hohen, so dass der Ton schon deshalb mehr aus der Tiefe zu kommen scheint, während er bei den hohen Vokalen, wo der Mund mehr geöffnet und die Lippen weniger vorgestülpt sind, mehr im Ausgange des Ansatzrohrs, vorn oder oben zu entstehen scheint. Die Züricher haben wahrscheinlich sehr entwickelte Mund- und Backenorgane und mögen daher dieselben wohl oft anwenden, um die Vokale, namentlich vor **l**, **n** und **r**, mehr zu dämpfen oder zu stopfen, als andere Menschen. Vielleicht vermögen die Züricher auch ihr Gaumensegel bei der Vokalbildung verschieden zu stellen, so dass der Ton, wenn er tief genannt wird, mehr durch die Nasenhöhle geführt wird, als bei den hohen Vokalen. Aber auch abgesehen von aller nationalen Eigenthümlichkeit der Sprachorgane klingt jeder Vokal (oder scheint wenigstens zu klingen) vor stummen Lauten anders als vor den Halbvokalen.

Ferner müssen wir hier noch eines interessanten Falles gedenken, nämlich wo **a** vor dem so geschriebenen **ei** zu stehen kommt, z. B. im griechischen ἀεί. Interessant ist diese Stellung besonders deswegen, weil sie von den Orthographen als Argument für die Richtigkeit der Schreibweise **ei** (statt **ai**) benutzt werden kann. Denn in der That unterscheidet das Ohr hier nicht, wie es eigentlich nach unserer oben (S. 809) aufgestellten Regel

sein sollte, ein blosses in **i** auslautendes verlängertes **a** (**a** — **ai**), das in der Mitte unterbrochen sein müsste, wenn zwei Silben herauskommen sollen, sondern der zweite oder der Anlaut-Vokal der 2. Silbe klingt wirklich anders, als das **a** der 1. Silbe, und es lautet daher die 1. Silbe ohne Absatz in die 2. über. Wie kommt dies? Dadurch, dass hier zwei verschiedene **A** zusammentreten, eins mit Timbre obscur oder tiefem Kehlkopfstande, und eins mit Timbre clair oder hohem Kehlkopfstande gebildet, welches letztere rasch nach **i** übergezogen wird. Das gewöhnliche, scharf und kurz ausgesprochene **ei** ist nämlich, wie aus dieser Beobachtung (die vor dem Spiegel anzustellen ist) in schlagender Weise hervorgeht, eine Kombinirung des **A**-clair mit dem an sich schon sehr hohen Kehlkopfstand erfordernden **I**, während wir recht wohl auch mit tiefem Kehlkopfstand diesen Diphthong einsetzen können, in welchem Falle freilich das **A** in seiner Specificität greller hervortritt. Wollte man nun das ει in dem Griechischen αἐι mit demselben Timbre obscur einsetzen, mit welchem man das α der ersten Silbe erzeugte, so würde der obige Fall wirklich eintreten, und der Silbenunterschied sich nur durch Unterbrechung (d. h. Kehlkopfschluss) erzeugen lassen.

Alles dies berechtigt uns aber durchaus nicht, auf Grund des Timbreunterschiedes oder einer dialektischen Nüancirung verschiedene neue Vokale zu statuiren, und Benennungen einzuführen, die zu ewigen Zweifeln und Irrungen Anlass geben müssen, wofern sie nicht auf einem sichern physiologischen Grunde beruhen.

6) Eine andere Lautunterscheidung ist die in offene und geschlossene Vokale, welche, wie ich sehe, wenigstens auf den **E**-Laut von den Franzosen, von den Italiänern auch auf **o** und **a** angewandt wird. Dergleichen offene Laute werden mit dem schweren Akcent, oder auch, besonders im Italischen, mit dem Circumflex bezeichnet, die geschlossenen Laute bekommen im Italischen gar kein Zeichen, im Französischen (*é fermé*) den scharfen Akcent. Das geschlossene **e**, sagt Valentini (Italiän. Sprachl. S. 5), wird mit engerer Mundöffnung und einem helleren Laute ausgesprochen, so dass es sich ein wenig dem **i** nähert; hierher gehören die sich auf *eggio*, *egno*, *mente*, *esco*, *evole* endigenden Wörter: das offene **e** wird durch eine weitere Mundöffnung gebildet, und hat einen tiefern (?) Laut, welcher dem deutschen **ä** fast gleich ist. Bolza (Handb. der italiän. Sprache) sagt, der *Accento circonflesso* werde nicht als Betonungs-, sondern nur als Unterscheidungszeichen gebraucht, z. B. auf dem **o** zu Anfange oder in der Mitte eines Wortes als Zeichen, dass dieser Buchstabe den offenen Laut vorstellt, um es von einem andern Worte zu unterscheiden, welches gleich geschrieben wird, in welchem aber das **o** den geschlossenen Laut hat. Ausser dieser eben nicht sinnreichen Bemerkung sagt er nichts Näheres über die offenen und geschlossenen Vokale, deren Mechanismus er wahrscheinlich als bekannt voraussetzt, obgleich Alles dafür spricht, dass Niemand mehr damit unbekannt sein mag, als er selbst. Auch ich gestehe, dass ich diesen Unterschied für nicht viel mehr, als eine blosse Erdichtung oder aus einem Missverständniss entsprossen halte. Man hat nicht daran gedacht, dass ein Zeichen, das ursprünglich eine gewisse Betonung anzeigte, im Laufe der Zeiten auch als blosses verbales Distrinktionszeichen gebraucht werden konnte, und schob nun allen den Circumflexen, die in der Wirklichkeit auf letztere Art entstanden waren, eine vokale Bedeutung unter, gerade wie es bei den Zeichen für die hohen und tiefen Vokale stattfand. Doch ist Valentini's Erklärung nicht zu verwerfen.

Eine andere, vielleicht physiologischere Erklärung der Ausdrücke offen und geschlossen, wie sie auch von den Sprachlehrern, welche diese Ausdrücke erfanden, wohl geahndet worden ist, wäre diese: nach der Pronuncirung der offenen (End-) Vokale bleibt die Glottis offen, bei den geschlossenen wird sie geschlossen. So war es wirklich in der griechischen Sprache, in welcher wenigstens bei den ein Wort schliessenden Vokalen das Geschlossensein oder vielmehr das Sichschliessen der Glottis nach vollendeter Pronunciation des Vokals durch den Accentus acutus bezeichnet oder angedeutet werden sollte, während auf die im Laufe eines Satzes stehenden Endvokale der Accentus gravis gesetzt wurde, um damit anzudeuten, dass die Glottis und das Ansatzrohr noch offen, noch in Thätigkeit befindlich bleiben sollte. Für die in der Mitte eines Worts stehenden Vokale, wenigstens **e**, behält dagegen die Valentinische Erklärung, dass die engere oder weitere Mundöffnung den gedachten Lautunterschied bedinge, ihre Gültigkeit.

7) Die Ausdrücke Umlaut und Ablaut beziehen sich auf gewisse im Laufe der Zeiten entstandene Umwandlungen des Wurzelvokals in den daraus abgeleiteten Wörtern. Die Theorie dieser Modifikationen gehört nicht der Physiologie, sondern lediglich der Grammatik an, obwohl sie sich zunächst auf die assimilative Verwandtschaft der einzelnen Vokale zu einander stützen muss. Vergl. in dieser Hinsicht Bopp's vergleichende Grammatik. Bd. 1. Berlin 1833, und Valentin's Physiologie (§. 3169 ff.) wo viele interessante Beispiele solcher Um- und Ablaute angeführt werden.

8) Beim Gesange finden hinsichtlich des Mechanismus der Vokalbildung einige Abweichungen von dem beim gewöhnlichen Sprechen üblichen, von uns in Obigem als Norm aufgestellten statt, die sich besonders auf die Stellung und Konformation der Lippen und auf die Weite des Mundes beziehen. Beim guten, kunstgemässen Gesang richtet sich nämlich die Weite der Mundöffnung nicht allein nach der Specificität des Vokals, sondern auch zum guten Theil nach der Schwingungszahl und Grösse oder Stärke des Tones. In dieser Hinsicht lässt sich, zumal bei Tönen, die erheblich höher liegen, als die gewöhnlichen Sprechtöne, bei weitem kein so grosser Unterschied in der Lippenstellung und Mundweite für die verschiedenen Vokale wahrnehmen, als beim gewöhnlichen Sprechen wahrzunehmen ist. Ob der gesungene Ton ein **A** oder **I** ist, macht wenigstens für die hohen Töne wenig Unterschied, obwohl für das **A**, wenn es stark und mit hoher Schwingungszahl gesungen wird, der Mund jedenfalls weiter geöffnet werden darf, als beim **I**. Auch von den für das **O** und **U** sonst charakteristischen Konformationen des Mundes ist beim Gesange um so weniger wahrzunehmen, je höher der Ton liegt, und bei je weiterer Kehlkopföffnung er gegeben wird; obwohl auch hier die Specificität des Vokals nicht verleugnet werden darf, weshalb auch der Mund für **O** viel weiter geöffnet werden und die Mundwinkel weiter von einander abstehen dürfen, als für **U**. Im Allgemeinen gelten für die verschiedene Weite der Mundöffnung bei dem Gesange dieselben Regeln, als beim Sprechen. Beim starken, mit vollem Ton gesungenen **A** beträgt die Weite des Mundes mindestens viermal so viel, als beim **U** unter gleichen Verhältnissen; die übrigen Vokale liegen in der Mitte.

9) Nasilirung (Rhinismus) der Vokale. Sie besteht nach Kempelen (S. 316. Französ. Ausg. S. 324) und nach Bindseil (S. 247) an sich darin, dass man während der Hervorbringung eines Vokales die Choanen,

die sonst während der Erzeugung dieser Sprachlaute geschlossen sind, offen lässt, und durch Andrückung eines Theils der Zunge an den Gaumen den Luftstrom durch die Nase zu gehen nöthigt. Dadurch bewirkt man, dass dem Vokale ein **n** nachlautet. Diese Erklärung enthält mehrere Unrichtigkeiten und ist sehr unbestimmt. Nach meinen Untersuchungen verhält es sich mit der Nasilirung der Vokale folgendermaassen.

Während bei der reinen, normalen Vokalisirung der weiche Gaumen nach oben und hinten gezogen ist, und der Gaumenvorhang von der hintern Pharynxwand nur etwa 2 Linien absteht, wird derselbe, wenn ein Vokal nasilirt oder durch die Nase ausgesprochen werden soll, weniger auf- und rückwärts gezogen, so dass der Isthmus faucium etwas tiefer steht und weiter vorgerückt ist. Das Dach des weichen Gaumens verändert seine Lage wenig, aber das Velum oder die Pfeiler des Isthmus sehr merklich, besonders dadurch, dass die innere, am meisten bewegliche Partie, die freien Ränder, welche die Isthmus-Oeffnung begränzten, mehr nach vorn getrieben werden, als gewöhnlich. Die Spitze des Isthmus stellt sich ein wenig tiefer, das Zäpfchen wird schlaffer und länger, so dass es in der Regel, besonders bei **E** und **I**, die Zunge mit seiner Spitze berührt. Die Zunge hebt sich, wenigstens bei **A**, ein wenig mehr, als bei dem reinen Vokal. Der Kehlkopf steht im Allgemeinen etwas höher. Die übrigen mechanischen Verhältnisse bleiben im Wesentlichen unverändert. Im Allgemeinen wird also der Eingang zum Mundkanal verengert, der Eingang zum Nasenkanal erweitert, es wird also weniger Luft zur Vokalisirung des Tones verwendet, und ein ziemliches Quantum der aus dem Kehlkopf aufsteigenden, tönenden Luft gelangt in die Nasenhöhle, wo sie durch Resonanz, Brechung, Beugung u. s. w. in ihrem Klange in specifischer Weise modificirt wird. Es mischt sich der Klang dieser nasalen Luft dem Vokalklange der oralen Luft bei, und so entsteht das bekannte Nasentimbre. Ausser diesem Timbre erleidet der Vokalton aber auch einen bedeutenden quantitativen Verlust seines Klanges, seiner Lautbarkeit, namentlich diejenigen Vokale, welche schon an sich keinen grossen, breiten Klang besitzen.

Die Nasilirung der Vokale ist in der Regel etwas Naturwidriges, Unschönes, obwohl manche Völkerstämme, besonders die Juden, sehr dazu geneigt sind. Ich vermuthe, dass dies auf einer besonderen Bildung des Schädels beruht, wenn nämlich die Pars basilaris des Hinterhauptbeines ungewöhnlich lang, also die Tiefe des Schlundgewölbes eine bedeutende ist. S. Tourtual neue Untersuchungen etc. S. 16. In diesem Falle müsste jedoch das Gaumensegel seiner Länge nach dieser Schlundtiefe nicht völlig entsprechen. In Folge von Krankheiten, wenn das Gaumensegel zum Theil zerstört ist, oder im harten Gaumen ein Loch ist, so dass Mund- und Nasenhöhle mit einander kommuniciren, kommt die Nasilirung der Vokale in noch höherem Grade vor.

Von der eigentlichen, physiologischen Nasilirung der Vokale, welche durch das nachlautende **ng** bedingt wird, werden wir später sprechen, wenn von den Nasalkonsonanten die Rede sein wird. Von dem durch Obstruktion oder Absperrung der Nasenhöhlen und deren Nebenhöhlen bedingten nasalen Timbre der Vokale dagegen sprechen wir im nächsten Paragraph.

10) Die Fehler, welche bei der Aussprache der einzelnen Vokale begangen werden, sind bis jetzt noch kein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung gewesen. Kempelen, Bindseil u. a. beschränken sich bloss

auf die bei der Bildung der Konsonanten vorkommenden Fehler, ohne der Vokalfehler, die Nasilirung ausgenommen, Erwähnung zu thun. Auch ich habe in meinem Aufsatze: Indikationen zur operativen Behandlung des Stammelns (in den von Schmalz herausgegebenen Beiträgen zur Gehör- und Sprachheilkunde 2. Bd.) mehr auf die ursächlichen Momente, welche Vokalfehler bedingen, und auf operativem Wege beseitigt werden können, Rücksicht genommen, als auf das Wesen dieser Sprachfehler selbst. Ich erlaube mir daher diesen Gegenstand, so weit wir ihn bis jetzt zu übersehen vermögen, hier wenigstens in seinen wesentlichen Grundzügen vorzutragen, in der Hoffnung, dass dadurch die Aufmerksamkeit der Aerzte und Physiologen zur genaueren Erforschung desselben angeregt werden möge.

Zuvörderst bemerke ich, dass die Sprachfehler, welche die Vokale betreffen, nur als Wirkungen gewisser anatomischer oder funktioneller Abnormitäten zu betrachten sind, welche die Sprachorgane befallen. Denn die Sprache kann eben so wenig, wie die Stimme, an sich erkranken, da eben beides nur Aeusserungen der Thätigkeiten sind, welche in den Organen, mittels deren die Bildung der Stimme und Sprache geschieht, vorgehen. Die Luft, welche dabei in tönende Schwingungen versetzt wird, ist ihren physikalen und chemischen Eigenschaften nach stets dieselbe; wohl aber können, die Organe, welche die Luftsäule des Kehlkopfs und Ansatzrohrs begränzen, also den Kehlkopf und das Ansatzrohr selbst konstituiren, theils von vorn herein abnorm gebildet sein, theils bei normaler Formation und Disposition, sich zweckwidrig bewegen, und ihre Einzelbewegungen zu einer unzweckmässigen oder unzureichenden Gesammtbewegung associiren. Da nun die Vokalbildung im Allgemeinen aus zwei Elementen zusammengesetzt ist, aus dem Tone, welcher in der Glottis aus der mittels der Stimmbänderschwingungen in Bewegung gesetzten Luft gebildet wird, und aus den verschiedenen Modifikationen, welche dieser Kehlkopfton im Ansatzrohr erleidet, so müssen wir auch gleich von vorn herein die Fehler des Kehlkopfs oder der den primären Ton hervorbringenden Organe von den Fehlern des Ansatzrohrs trennen. Fehler, welche die Glottis und deren Hülfsorgane betreffen, nennen wir in der Regel Stimmfehler, Fehler welche den Organen des Ansatzrohrs angehören, Sprachfehler. Diese Unterscheidung ist aber eben so wenig richtig, als überhaupt ein strenger Unterschied zwischen Stimme und Sprache gemacht werden kann. Denn nehmen wir die Stimme von der Sprache weg, so vernichten wir die Sprache selbst, oder nehmen ihr wenigstens das, was sie zum Mittel der Mittheilung durch den Raum macht. Richtiger wird also die Bestimmung ausfallen, wenn wir zwischen Tonfehlern und Artikulationsfehlern unterscheiden, wobei wir den Ton, als etwas schon Gebildetes voraussetzen. Zu diesen beiden Klassen muss nun noch eine Dritte kommen, welche sich auf die Grundbedingung aller Tonbildung bezieht, nämlich gewisse Respirations-, namentlich Exspirationsfehler. Mittels der Exspiration wird das Material geliefert, welches im Kehlkopf zum Ton verarbeitet wird, und dieser Ton oder dieser tönende Luftstrom wird dadurch, dass er in das Ansatzrohr geführt wird, zur Stimme erhoben, welche durch die verschiedenen Lageveränderungen, die die das Ansatzrohr konstituirenden Organe zu einander annehmen, die bestimmten Formen annimmt, welche als Vokale zur Wahrnehmung kommen. Vokal ist also Stimme in concreto: zwischen Vokalfehlern und Stimmfeh-

lern ist also kein wesentlicher Unterschied. Stimme ist also nicht etwas allein im Kehlkopf aus der exspirirt werdenden Luft Gemachtes, sondern zu ihrer Erzeugung ist auch das Ansatzrohr erforderlich. Ist letzteres vom Kehlkopfe getrennt, z. B. in Folge eines Selbstentleibungsversuches, so können wohl noch Töne erzeugt werden, aber keine Stimme mehr. S. auch S. 592. Aber auch die nicht zum Ton (mittels der einander genäherten Stimmbänder) verarbeitete, also die einfach durch den offenen Kehlkopf geführte Luft kann im Ansatzrohr zu sprachlichen Zeichen verwendet werden, welche unter dem Namen Konsonanten bekannt sind: davon speciell im nächsten Abschnitte. Es fragt sich nun auf welche Art ein Vokal, d. h. eine besondere Art der Manifestirung der Stimme, von seiner Norm abweichen kann. Jedenfalls auf zweierlei Art, insofern nämlich die Abweichung als Tonfehler, oder als Artikulationsfehler auftritt. Ist der Ton abweichend, so wissen wir, dass die innern Organe des Kehlkopfs (nach Umständen auch der Nasenkanal) erkrankt sind: in diesem Falle tönen alle Vokale, also die Stimme im Allgemeinen, fehlerhaft; ist ein Vokal falsch gebildet (der Ton falsch artikulirt) worden, so haben wir die Ursache in den Organen des Ansatzrohres zu suchen; ist endlich die Stimme, d. h. der Ausfluss der (tönenden) Luft zu schwach, oder zu stark, oder ungleichförmig, so liegt der Fehler in den Exspirationsorganen oder im falschen Gebrauche derselben. Es war nöthig, diese Unterschiede genau auseinander zu setzen, da bisher in den Schriften, welche über die sogenannten Stimmfehler handeln, immer zu wenig Rücksicht darauf genommen worden ist. Wir erhalten demnach 3 Klassen von Vokalfehlern, die wiederum in Unterabtheilungen u. s. w. zerfallen, etwa nach folgendem Schema:

I. Tonfehler. Die Vokale klingen gar nicht oder nicht normal, mag die Exspiration und der Mundkanal noch so normal beschaffen sein.

1) Sie klingen von Haus (vom Kehlkopf) aus nicht, weil die Stimmbänder oder überhaupt die ursprünglichen tonbildenden Organe krank sind: Belegtsein der Stimme, Heiserkeit, Klanglosigkeit, Stimmlosigkeit.

2) Sie klingen zwar von Haus aus, aber erlangen auf ihrem ferneren Verlaufe nicht Fülle genug, weil die Resonanzorgane zu eng oder (z. B. durch heftigen Schnupfen, durch Polypen und andere Geschwülste) geschlossen oder überhaupt unwegsam sind, oder durch Ungeschick, falsche Gewohnheit u. s. w. fälschlich geschlossen werden: Nasenton, dumpfer Ton. Die Vokale **Ä**, **Ö**, **E**, **I**, **Ü** nehmen vorzugsweise das nasale Timbre an, weit weniger **A**, **O**, **U**. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man bei der Vokalgebung sich die Nase zuhält. Hier können allerdings auch Komplikationen mit Fehlern der Mundkanalwände eintreten, welche ebenfalls auf den Ton, wenigstens auf dessen Fülle, Resonanz störend einwirken können. Vergl. auch S. 652.

II. Artikulationsfehler, die Bildung der einzelnen Vokale betreffend. Sie werden am zweckmässigsten nach ihren mechanischen Ursachen eingetheilt, wonach sich die konkreten Fälle leicht rubriziren lassen.

1) Durch organische Fehler, z. B. Defekte des weichen Gaumens: hier wird der Vokal **A** ein widerwärtiges Timbre annehmen, sich nicht gehörig markiren lassen, sich nur mit **H** anlauten lassen, und zu hohl

klingen. Geschwulst des weichen Gaumens und der Tonsillen: hier werden die Vokale kreischend und schwerfällig. Geschwulst der Zunge: hier wird **A**, **O** und **U** undeutlich klingen und an den **Ä**-, **Ö**- und **Ü**-Laut anstreifen. Lippendefekte oder Verunstaltungen: hier werden **O**, **Ö**, **U**, **Ü** nicht gehörig gebildet werden können. Paralyse oder Defekte der Zunge: hier kann **E**, **I**, **Ü** nicht zur richtigen Manifestirung gelangen u. s. w.

Diese organischen Fehler kommen verhältnissmässig selten vor, und sind immer zunächst Gegenstand der praktischen Heilkunde. Häufiger sind es aber Defekte der Zähne, welche, wenn sie auch die erste, rohe Bildung der Vokale nicht behindern, doch dem Klange derselben in der Regel einen fremdartigen Anstrich geben. Am meisten fällt dies dem Ohre auf, wenn der Zahnmangel vollständig ist, und demzufolge auch die Alveolarfortsätze der Kinnladen resorbirt worden sind. Natürlich wird dann der Rauminhalt der Mundhöhle, wenn sie geschlossen ist, sehr verringert; die von den vordern Alveolen und Zähnen zu bildende Vorderwand und Seitenwände der Mundhöhle sind fast ganz verstrichen: die tönende Luft stösst vor ihrem Austritt aus dem Munde nicht an feste, sondern an weiche, von den Backen und Lippen gebildete Wände: der Mundkanal für die hohen Vokale (d. h. welche eine hohe Schwingungszahl haben, s. oben) hat bei weitem nicht mehr die starke Krümmung, und ist sogar etwas kürzer geworden, als im Normalzustande. Am wenigsten leidet der Ton des **O** und **U** durch diesen Fehler: aber **A** verliert an resonatorischer Fülle und Stärke, und **Ae**, **E** und **I** werden noch mehr dünn, schwach und klangarm, erfordern daher zu ihrer Verbesserung einer stärkern Nachhülfe von Seiten des exspiratorischen Luftdrucks. Das Schlimmste aber ist, dass der exspirative tönende Luftstrom zu unmittelbar, zu unbehindert, zu wenig eingeengt, in einer zu geraden Richtung ausströmt, daher zu wenig in den Vokal verarbeitet wird; dass der Mund zu wenig geöffnet werden darf, wenn nicht die nothwendige Resonanz in der Stimmhöhle zu schwach werden soll, dass der Sprecher caeteris paribus leichter ermüdet und leichter heiser wird, oder durch Kehlkopfreiz [in Folge stärker nöthig werdender Tension der Luftsäule] den Husten bekommt, als Leute mit vollen Zähnen, dass endlich die Verbindung der Vokale mit den Konsonanten manche Uebelstände hat, von denen, so wie von den Fehlern, welche der Zahnmangel für die Bildung der Konsonanten erzeugt, im nächsten Abschnitt die Rede sein wird. Glücklicherweise vermögen wir durch Einsetzung künstlicher Zähne und Gebisse den erwähnten Mängeln so ziemlich abzuhelfen.

2) Durch falschen Gebrauch oder durch fehlerhafte Associirung der (sonst normal beschaffenen) Artikulationsmuskeln, wie namentlich beim Gesange sehr häufig geschieht. Ueber diesen für jeden Sänger und Gesanglehrer so wichtigen Gegenstand erlaube ich mir folgende Erfahrungen mitzutheilen, die zum grössern Theile von mir selbst gemacht worden sind.

Die meisten der hierher gehörigen Fehler werden begangen, wenn Vokale, die ihrer Natur nach nicht sehr voll klingen, stärker hörbar gemacht werden sollen, namentlich wenn diese Vokale unter Umständen erzeugt werden sollen, die ihrem Wesen und Charakter, oder den physiologischen Bedingungen, unter welchen sie ihren besten Klang erhalten, widerstreben. Soll z. B. ein Sänger eine Silbe mit **U** auf einer für seine Stimmlage hoch

liegenden Note singen, z. B. ein Bassist das Wort *Triumph* in folgender *) Tonlage:



so muss er seine Exspirationsmuskeln sehr anstrengen, und sein Stimmorgan muss in sehr gutem Zustande sein, wenn dieses **U** rein und voll erklingen soll. Denn, wie wir wissen, ist der **U**-Laut von Natur auf die tieferen Töne angewiesen, die ein Sänger oder Sprecher besitzt. In der Regel erhält daher unter diesen naturwidrigen Umständen das **U** einen ihm fremdartigen Laut, der an den von **O** oder **A** anstreift. Ebenso verwandelt sich sehr oft der **U**-Laut, wenn er recht laut und weit vernehmlich klingen soll. So klang fast jedesmal das Kommando: *rechts um*, welches ein Major mit koncentrirter Stimme seiner Brigade zurief, wie rechts *ab* oder å*b* **).

Aber auch der reinste, kräftigste Vokal **A** wird von schlecht geschulten Sängern sehr oft unrein pronuncirt, so dass er wie å oder o klingt. Dieser Fehler beruht darin, dass der Mund im Verhältniss zur Gaumenöffnung zu wenig geöffnet wird, so dass der tönende Luftstrom sich, bevor er ausströmt, wenigstens noch einmal in der Mundhöhle bricht, mithin mehr Resonanz, mehr sogenannte Breite gewinnt, als dem **A** eigentlich zukommt. Dieser Fehler, welcher besonders bei Chorsängern häufig vorkommt, entsteht nach meiner Ansicht höchstwahrscheinlich dann, wenn der Sänger in dem Wahne, er singe nicht stark und laut genug, seinen Gesang so einrichtet, dass er ihn vor den übrigen, gleichzeitig mit ihm ertönenden Stimmen mit seinen eigenen Ohren unterscheiden kann. Das **A** aber, welches, sobald es im Isthmus faucium et oris artikulirt worden ist, ohne besonders aufhältliche Resonanz in der Mundhöhle sofort zur völlig weiten Mundöffnung herausgefördert wird, wird eben deshalb von dem eigenen Gehörorgan grossentheils erst aus der äussern Luft, nachdem es den Mund bereits verlassen, aufgenommen, während **o**, **u** und **ö**, auch **i** und **e** ihren Klang zum grossen Theil erst durch die Resonanz in der Mundhöhle erlangen, und daher schon auf dem kürzeren Wege durch die *Tuba Eustachii* zum Gehörorgan geleitet werden. Ein solcher Vokal wird daher vom eigenen Gehörorgan unter Umständen, welche die Leitung der eigenen Töne durch die Atmosphäre und den äussern Gehörgang erschweren, deutlicher vernommen, als **A**. Man kann sich hiervon, auch wenn man allein ist, leicht überzeugen, wenn man beide äussere Gehörgänge mit den Fingern verstopft, und nun die einzelnen Vokale mit gleicher Exspirationsstärke pronuncirt. Ist rings um den Sänger viel Schall, viel rauschende Vokal- oder Instrumentalmusik, so wird er allerdings, wenn er nicht laut genug singt, seinen eigenen Gesang ebenso unvollkommen hören, als wenn er sich die Ohren zuhielte, und er wendet daher ausser den zweckdienlichen Mitteln leider oft auch das

---

*) Vergl. auch C. M. von Weber's Oper „der Freischütz" Schlussarie des ersten Aktes.

**) Dieser Fehler, das Umlauten des *m* in *b*, lässt sich physiologisch durch ein zu grosses Uebergewicht des durch den Mundkanal getriebenen Luftstosses über den durch die Nase streichenden erklären. Das Resultat ist hier dasselbe, wie beim Rhinismus.

vorhin erwähnte unzweckmässige an, er ändert nämlich den Mechanismus der ihm nicht laut genug klingenden Vokale so ab, dass sie seinem Gehörorgan lauter zu klingen scheinen Er sollte aber bedenken, dass es beim Gesange darauf ankomme, wie er dem Zuhörer, nicht wie er dem Sänger erklinge, und dass man alle Mittel anwenden müsse, um die Vokale dem Zuhörer wohlklingend zu produciren.

Die Regel also, auf die es hier ankommt, lautet so: Man lasse sich dadurch, dass das eigene **A** im vollstimmigen oder starkinstrumentirten Gesange dem eigenen Gehörorgan nicht laut genug klingt, nicht irre machen, sondern behalte ganz den naturgemässen Mechanismus, der dem **A** zukommt, bei. Dies gilt namentlich von den hohen und höchsten Tonstufen, wo sich der **O**-Laut, mit etwas Nasilirung, am leichtesten einfindet.

E klingt aus ähnlichen Gründen sehr oft wie **Ö**, wenn es auf sehr hohen Noten gesungen wird, und ebenso **I** wie **Ü** unter gleichen Umständen, obwohl das **I** in der Höhe leichter rein zu halten ist, als **E**, welches durchaus mehr für die Mitteltöne passt, und von den Komponisten gar nicht hohen Noten untergelegt werden sollte.

Ueber die Aussprache des **O** und **U** behufs des Gesanges, oder über die für diese Vokale anzunehmende Stellung der Organe, besonders des Mundes findet sich in den Gesangschulen Manches, das hier einer Erwähnung und beziehendlich Berichtigung bedarf. Nehrlich sagt geradezu (Gesangskunst S. 121. der 1., S. 203 der 2. Auflage. 1853), dass das **O** für den Gesang auf keine Weise so zu gebrauchen sei, wie es beim „Erlernen des Alphabets“ im Allgemeinen gebildet wird, und wie wir es in der Physiologie dieses Sprachlauts angegeben haben. Es dürfe vielmehr, so wie das **U**, nicht mit spitzem Munde (vorgewulsteten Lippen), sondern müsse durch eine „rundere Form des innern Mundes“ erzeugt werden, und so als reiner Klang, ohne irgend eine Beimischung des Vokals **U**, am Schlusse des Tones hervortreten, wobei er noch etwas über das hellere und dunklere Timbre dieses Vokals, als reinen Sprachlauts, hinzufügt, nebst der Bemerkung, dass man im Gesange sich bestreben müsse, das **O** bei einer „edleren“ Mundstellung so zu bilden, dass es in der Mitte zwischen dem hellen und dunklen **O** der Sprache steht. — Allerdings klingt das **O** im Gesange, wenn der Sänger ihm den gehörigen Klang geben will, gewöhnlich etwas anders, als beim gewöhnlichen Sprechen, es streift gewöhnlich etwas ans **A** an, und verhält sich dann ziemlich wie das schwedische å, ohne dass man diese Abweichung gerade als einen Fehler bezeichnen kann, so lange wenigstens das **O** vom Ohre noch als solches erkannt und vom **A** unterschieden werden kann. Was aber Nehrlich und andere über die Mundstellung beim **O** und **U** sagen, ist, als allgemeiner Satz hingestellt, irrig und bedarf folgender Berichtigung. Die von mir oben aufgestellte Mechanik für **O** und **U** gilt als Norm für diese Vokale, wenn sie als Sprachlaute behandelt werden. Als solche liegen dieselben verhältnissmässig, d. h. für den Stimmumfang des Individuums, sehr tief, die Schwingungszahl derselben ist eine niedrige. Es gehört aber zum Wesen des **O** und **U**, dass zu deren Erzeugung auf der zum gewöhnlichen Sprechen üblichen Schwingungszahl die Mundöffnung verengert werden muss, für das **U** mehr, als für das **O**. Sobald aber der auf der **O**- oder **U**-Artikulation zu gebende Ton eine höhere Schwingungszahl erhalten soll, da fällt diese Rücksicht weg, und der Mund öffnet sich, ganz im Verhältniss zur Tonerhöhung, bis er auf den höchsten

Tönen, sofern sie mit gleichbleibender oder sogar zunehmender Klangstärke erzeugt werden, ziemlich ebenso weit geöffnet ist, und namentlich die Mundwinkel ebenso weit von einander abstehen, wie bei **A** unter gleichen sowohl als den übrigen Verhältnissen. Beim **U** dagegen lässt sich, auch wenn es auf hohe Noten gelegt wird, der Mund nie so weit öffnen, als beim **O**: geschieht es dennoch, wie manche Gesanglehrer wirklich verlangen, so wird eben ein **O** daraus, klingt also fehlerhaft.

9. Zeitlicher Werth, Dauer der Vokale, Länge und Kürze. — Die einfachen Vokale lassen sich nach Umständen so kurz oder lang produciren, als man will. Die Diphthonge dagegen, wenigstens die wahren, reinen, können nur kurz ausgesprochen, nicht in die Länge gezogen werden, wenn nicht sofort eine Trennung der Elementarvokale eintreten soll. Vor einem Konsonannten lässt sich aber ebenfalls nicht allemal der Vokal nach Belieben kurz oder lang aussprechen, ohne dass ersterer eine besondere Veränderung erlitte Wird der Vokal kurz genommen, wird also der Exspirationsluftstrom beschleunigt, so wird der folgende Konsonant, wenn er die Silbe oder das Wort schliesst, hart, scharf, kräftig, weil die Organe, die ihn bilden, mit einer gewissen Heftigkeit gegeneinander gestossen, oder die Luft mit grösserer Intensität durch die Schallritze getrieben wird. Die Schrift verdoppelt in solchen Fällen oft das Zeichen des Konsonanten, oft aber auch nicht. Fängt aber der Konsonant eine neue Silbe an, so hat die Kürze des vorhergehenden Vokals keinen Einfluss auf die Intensität oder Lautbarkeit desselben (Konsonanten). Wird eine mit Vokal auslautende Silbe betont, so wird sie stets auch in die Länge gezogen, weil hier der Ton nicht anders, als durch Zeitaufwand erhalten werden kann. Wir kommen auf diese Konsonantengestaltungen noch einmal zurück.

Wenn ein Vokal durch einen Konsonanten, z. B. durch eine darauffolgende Explosiva, unterbrochen wird, wie in der Silbe *at*, so kann man entweder das **t** erst erzeugen, wenn **a** zu tönen bereits aufgehört hat, oder man bringt die Zunge rasch in die **t**-Lage, während **a** noch tönt. Das **a** wird hier rasch abgeschnitten, und wenn wir uns diesen Laut mit Kudelka (S. 129) cylindrisch oder prismatisch vorstellen, so wäre die Schnittfläche gegen die Axe dieses Körpers geneigt und krumm. Nach Kudelka würde die Schnittfläche nach der Verschiedenheit des schneidenden Stosslautes auch sich verschieden modificiren. Der Stosslaut selbst erscheint, nach Ausstossung der Luftsäule, verdoppelt zu sein, obwohl er nur einfach gebildet worden ist. Nach Kudelka soll man dergleichen nach kurzer Dauer unterbrochenen Vokale „geschnittene Selbstlaute", nicht „kurze Vokale" nennen, weil man unter kurzen Vokalen solche zu verstehen habe, die bloss rücksichtlich der Dauer und vielleicht auch der Stärke hinter andern zurückstehen, wie dies z. B. bei den Diphthongen (Kudelka schreibt stets Dyphthonge) der Fall ist, wo der eine Vokal stets über den andern dominirt. Wir werden in Zukunft die sogenannten geschnittenen Vokale „betonte kurze Vokale" nennen, während der Ausdruck Kudelka's uns, die wir die bei diesen Artikulationen statthabenden Mechanismen genauer kennen, als Kudelka, nicht recht zusagt.

Jeder Vokal, nicht nur das **E**, kann unter Umständen so verkürzt werden, dass man wenig davon hört. Z. B. *titĭllare, titŭliren, Pŏsaune, Kătalta* u. s. w., namentlich wenn der vor- und nachgehende Konsonant ziemliche kombinatorische Verwandtschaft haben. Ein solcher Vokal dauert viel-

leicht nur ein Paar Tertien. In solchen Fällen geht oft der Vokal in den ihm nächstverwandten Konsonanten über, nämlich **i** in **j** oder **g**, was man Mouilliren, Mouilletismus nennt, s. w. u., und **u** in **w**. Das ganze **Qu** ist auf diese Art entstanden, wie wir später sehen werden. Längere Zeit braucht übrigens allemal ein kurz producirter Vokal vor einem Schlusskonsonanten, als vor einem Anlautkonsonanten, namentlich wenn der Konsonant eine Continua, etwa gar eine Liquida ist. Die längste Zeit, welche ein langer Vokal in gewöhnlicher, selbst feierlichen Rede währen darf, ist etwa eine Sekunde; in affektvollem Ausdrucke kann sie bis auf 2, selbst 3 Sekunden ausgezogen werden.

Am meisten verkürzen lässt sich in allen Silbenstellungen das **E**, welches, wofern es kurz und unbetont ist, nicht nur zu Anfange eines Wortes, sondern auch als syllabischer Auslaut so kurz pronuncirt werden kann, als überhaupt in der Sprache möglich ist. Die andern Vokale lassen sich nur, wenn sie einen kurzen, unbetonten syllabischen Wortanlaut bilden, mit gleicher Schnelligkeit pronunciren, nicht aber als Auslaut. Beispiele: Ĕ-*loge*, ἔ-λαυνω, *bĕ-wah-re; ho-hĕ, Epopö*-ĕ, Ŏ-*ase*, Ă-*talie*, ă-*basso* — sind alles grösstmögliche Kürzen, während die Endsilben in *Cli*-ŏ, *Le*-ă, *No*-ă, *ha*-ĭ, *Hä*-y̆ sich mit dem besten Willen nicht so kurz aussprechen lassen, wie jene. Ebenso kurz, wie jene einlautigen Silben auf **e**, sind die Vokale, wenn sie in einer kurzen mit einem Konsonanten schliessenden Silbe, mag sie betont oder unbetont sein, stehen; obwohl auch hier die Natur des Vokales, sowie die des nachlautenden Konsonanten einen kleinen Unterschied zu machen scheint. Pronuncirt man z. B. des Versuches halber die Silben *it, et, at, ot, ut,* so wird man, bei einiger Aufmerksamkeit gewiss bemerken, dass sich *it* weit kürzer abfertigen lässt, als *ut,* ja dass hier eine Art fortschreitender Skala des Zeitwerthes von **i** bis **u** stattfindet, welche, wie wir ebenfalls bemerken müssen, mit der oben gegebenen Tonhöhe-Skala zusammenfällt. Es lässt sich daher wohl als Gesetz aufstellen: Je höher ein Vokal auf der Tonskala, desto tiefer steht er auf der Zeitwerthskala, d. h. je höher ein tonlos intonirter Vokal klingt, in desto kürzerer Zeit ist es möglich, ihn vernehmlich zu pronunciren. Dieses Gesetz muss jedoch in wesentliche Verbindung gesetzt werden mit einem zweiten, welches seine Geltung von der Natur des nachlautenden Konsonanten abhängig macht. Nur dann, wenn der Vokallaut sich scharf abschneidet, durch einen nachlautenden Explosivkonsonanten, tritt der zeitliche Werth des Vokales deutlich hervor. Folgt dagegen auf den Vokal eine Litera continua, mag dieselbe den Auslaut derselben oder den Anlaut zur folgenden Silbe bilden, so treten andere Verhältnisse ein, über die wir jedoch genauer erst dann sprechen können, wenn wir das Wesen sämmtlicher Konsonanten kennen gelernt haben werden. Vorläufig bemerke ich hierüber Folgendes:

1) Wenn ein Vokal in einer Silbe steht, die in eine Consonans continua auslautet, so lässt er sich nicht so verkürzen, als wenn sie in eine Explosiva ausgeht. Am auffallendsten ist dies mit der Silbe *er*, welche, wofern das **e** seinen Charakter beibehält, gar nicht kurz, sondern immer lang ist.

2) *Vocalis ante vocalem brevis est:* dies ist eine nicht nur für die altgriechische und römische Prosodie, sondern für alle Sprachen gültige Regel, wofern wir sie nur so fassen: ein unbetonter Vokal, der vor einer mit einem Vokal anlautenden Nachsilbe steht, ist stets kurz, z. B. ε-αω, ŏ-*ase*, *Lĕ*-

äna. Dagegen in *Lé–on, Lí–en, alí–us*, ist der Vorvokal lang, weil er aus einem Diphthong entstanden ist.

3) Das einem Diphthong nachlautende **e** ist immer kurz, andere Vokale wenigstens nicht nothwendig. Beispiele: *Eier, Aue, Reue, Oie;* Κλεῖω, *Eia, Hoio* u. s. w.

4) Bei der syllabischen Verbindung der Vokale mit Konsonanten hängt der Zeitwerth der erstern von der Verwandtschaft des respektiven Vokalmechanismus zu dem folgenden Konsonantenmechanismus ab. Je grösser dieselbe, desto kürzer lässt sich der Vokal pronunciren. Natürlich: denn zu einer grössern, einen längern Raum durchschreitenden Bewegung ist mehr Zeit erforderlich, als zu einer kürzern.

Vergleiche hiermit das über die Zeitdauer der Konsonanten und der Silben in den spätern Kapiteln Gesagte.

Ein grosser Fehler, welcher hinsichtlich der Beobachtung der rechten Zeitdauer einer Silbe begangen wird, fällt den musikalen Komponisten zur Last, wenn sie auf den natürlichen Zeitwerth der Vokale keine Rücksicht nehmen, sondern dieselben ganz eigenmächtig ihren Noten untersetzen. In dieser Hinsicht haben alle, selbst die grössten, klassischen Tonsetzer unzählige Male gefehlt, die neuern jedoch im Allgemeinen mehr, als die alten. Freilich würde die schöpferische Thätigkeit des Komponisten in sehr strenge Fesseln geschmiedet werden, wenn er seine Noten allenthalben nach dem physiologischen Zeitmaasse der Vokale abmessen wollte, und es würde auf diese Art sogar der ganze Charakter des musikalen Rhythmus verloren gehen, der nun einmal mit dem rhetorischen nicht ganz zusammenfallen kann. Aber das kann man wenigstens vom Tonsetzer verlangen, dass er die rhetorischen und prosodischen Zeitwerthe der Silben nicht geradezu als Bagatelle betrachtet und in seiner melodischen Behandlung gleichsam mit Füssen tritt; dass er also nicht auf einem kurzen Vokal Orgelpunkte, Läufer, Koloraturen und andere länger dauernde Manieren anbringt, während lange Vokale kurz abgefertigt werden. Auf diese Art wird der rhetorische Ausdruck eines Gesangstücks ganz vernichtet, und nur der instrumentale oder im engern Sinne musikale bleibt übrig; es würde unter solchen Umständen ganz derselbe Zweck erreicht werden, wenn der Sänger allen Noten nur ein einfaches *A* oder *La* unterlegte, so wie es Spontini in einem Chore seiner Oper Nurmahal gethan hat.

III. Physiologie der Konsonanten.

Nach dem, was wir früher, als wir über die Vokale und Konsonanten im Allgemeinen sprachen, bemerkt haben, wird die physiologische Definition der Konsonanten nicht anders ausfallen können, als folgendermaassen.

Ein Konsonant ist ein Sprachlaut, oder besser, ein im Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans erzeugtes, bald mit, bald ohne Kehlkopfton bestehendes Geräusch, zu dessen Zustandekommung erforderlich ist, dass mindestens zwei einander gegenüberstehende Organe des Ansatzrohrs so sich gegeneinander bewegen, dass sie sich entweder auf einen Moment völlig berühren, und so den Mundkanal völlig verschliessen, oder doch bis zur Bildung einer Schallritze einengen, in welcher dann das den Sprachlaut oder das hörbare Sprachzeichen bildende Geräusch (kein Ton) entsteht.

Wir müssen aber gleich von vorn herein einen Unterschied machen zwi-

schen *Consonantes semivocales et non vocales*, das heisst, zwischen Konsonanten, welche in der lauten Sprache mit Beihülfe tönender Stimmbänderschwingungen gebildet werden, und solchen, bei denen die Stimmbänder unthätig sind. Wir könnten recht gut auch, wie es wohl schon von älteren Grammatikern geschehen ist, die gesammten Sprachlaute geradezu in drei Abtheilungen bringen, in Vokale, Halbvokale, und Konsonanten. Zu den Halbvokalen gehören die bereits von den alten Grammatikern *liquidae* oder *semivocales* genannten **L**, **M**, **N**, **R**, ferner **Ng** und **W**, bisweilen auch **G** moll (als Jot), **S**, **Sch** und **V**, zu den reinen Konsonanten gehören in der Regel **Ch**, **G** dur mit **K**, **G** moll, **S**, **Sch**, **Th**, **D**, **T**, **F**, **Ph**, **B**, **P**, und **V**.

Indessen ist bei den Halbvokalen doch nicht der Kehlkopfton das Wesentliche oder Charakteristische, sondern allemal das artikulirende Element im Ansatzrohr. Erst bei den Konsonanten kann von einer wahrhaften Artikulirung, von einer förmlichen Unterbrechung des tönenden Luftstroms die Rede sein. Diese Unterbrechung ist bei den Explosivlauten eine vollständige, bei den übrigen eine unvollständige.

Das Gebiet des Konsonantismus beginnt da, wo der Vokalismus aufhört, also mit **H**, **G** moll und **W**, wie wir bereits früher erörtert haben; und hört mit den Explosivlauten oder mit der Verstummung, mit der Abschneidung des Luftstroms auf. Mit **H** beginnt die Reihe der hinteren oder der Gaumenlaute, welche mit **K** aufhört; mit **G** moll beginnt die Reihe der mittlern oder der Zungenlaute, welche mit **T** schliesst; und mit **W** fangen die vordern oder Lippenlaute an, welche mit **P** verstummen. Die erste Reihe hat ihren verwandten Vokal an **A**, die zweite an **I**, die dritte an **U**.

Beim Mechanismus, durch den die Konsonanten zum Gehör gebracht werden, haben wir, eben so wie bei den Vokalen, die Stellung der Organe und die Veränderungen, welche der Raum des Mundkanals erleidet, und die, welche in der zwischen jene hindurchstreichenden Luftsäule stattfinden, zu unterscheiden. Die Organe, welche die konsonantischen Artikulationen ausführen, sind natürlich dieselben, welche wir als die für die Vokalbildung thätigenkennen gelernt haben, also die den Isthmus faucium et oris bildenden Theile, der ganze Gaumen, die Zunge, die Backen, die Zähne, die Lippen, nebst dem Boden und den Wänden der Mundhöhle überhaupt, dem Unterkiefer, und dem Kehlkopf. Ausserdem ist die Nasenhöhle zu erwähnen, als exspiratorischer Kanal für diejenigen Konsonanten, bei welchen der Mundkanal völlig abgeschlossen wird. Im Allgemeinen wird bei der Konsonantenbildung das Ansatzrohr entweder hinten, oder in der Mitte, oder vorn, bis zur Schall- oder besser Geräusch-Ritzenbildung, oder bis zur völligen Abschliessung verengt. Was den weichen Gaumen insbesondere anlangt, so wird derselbe nur bei einem einzigen Konsonanten, dem **Ng**, herabgezogen, bei allen andern nimmt er eine mittlere oder hohe (Explosivlaute) Stellung an. Der Kehlkopf folgt den Bewegungen des Gaumensegels und der Zungenwurzel. Die Zunge wird bei den Gaumenlauten in ihrem hintern, bei den Zungenlauten in ihrem vordern Theile gehoben oder überhaupt nach einer bestimmten Richtung bewegt; bei den Lippenlauten verhält sie sich ziemlich indifferent, oder bleibt ruhig auf dem Grund der Mundhöhle liegen. Die Völker des Sanskrit modificirten die Zungenbewegung am subtilsten, mehr als irgend ein späteres Volk. Die beiden Kiefer können fast bei allen Konsonanten ziemlich gleich weit von einander abstehen, doch entfernen sie

sich bei den Gaumenlauten mehr von einander, als bei den Zungen- und Lippenlauten. Die Lippen sind bei **M** und **B-P** geschlossen, bei allen übrigen geöffnet.

Ein wichtiges Moment für die Konsonantenbildung ist ferner die Kraft, mit der die Organe, wenn sie unmittelbar zur gegenseitigen Berührung kommen, gegen einander drücken. Mehrere Konsonanten werden allein durch dieses Moment von andern ihnen sonst völlig gleichen unterschieden. Ist die gegendrückende Kraft nur gering, so dass das gegen eine härtere Fläche bewegte Organ nur sehr lose derselben anliegt, so vermag zuweilen die Luft sich zwischen beide Organe durchzudrängen, und so eine Schallritze zu bilden, in welcher sogar eine Art stehender und zwar aufschlagender Schwingungen des weichern Theils gegen die härtere Fläche stattfinden kann.

Was die Veränderungen, welche der Luftstrom bei der Bildung der Konsonanten erleidet, anlangt, so sind diese bei weitem mannichfaltiger, als bei den Vokalen. Im Allgemeinen bemerke ich hierüber Folgendes. Die Quantität der zur Bildung der einzelnen Konsonanten verwendeten Luft variirt zunächst nach der grössern oder geringern Weite der Glottis. Bei den sogenannten flüssigen Konsonanten oder Halbvokalen ist dieselbe weniger geöffnet, als bei den tonlosen Konsonanten, welche daher auch eine grössere Masse Luft beanspruchen, daher den Athem stärker konsumiren, und selbst eine stärkere Kontraktion der Exspirationsmuskeln erfordern, als erstere. Nur sind hier die Explosivlaute ausgenommen, welche an sich völlig stumm sind, und alle Luftströmung abschneiden: was diese Laute erst zu Lauten macht, geschieht während der Losreissung der im ersten Momente fest gegen einander gelegten oder gepressten Organe von einander, welche mit einem hörbaren Geräusch begleitet ist. Wird dieses Losreissen unterlassen, so bleibt der Laut stumm, namentlich zu Ende von Worten, wie im Französischen, wo also diese Buchstaben nicht völlig, sondern nur halb weggelassen werden. Der Druck, unter welchem die Luft bei den Konsonanten hörbar gemacht wird, variirt gleichfalls, je nachdem die Glottis mitwirkt oder nicht, und je nachdem die Artikulationsöffnung weiter oder enger ist. Bei den Explosivae folgt dieser Druck dem Gegendrucke der Organe nach.

Ebenso wie die Vokale, lassen sich auch mehrere Konsonanten, wenn sie stumm angegeben werden, nach ihrer Tonhöhe bestimmen, was freilich oft sehr schwer hält, da dieselbe nach der Intensität des Luftstosses variirt. Es sind dies nach meinen an mir selbst angestellten Beobachtungen folgende Konsonanten mit folgenden Schwingungszahlen oder Tonstufen: **Ch** (a) hat die Tonhöhe = a — c^1, je nach dem Grade des Luftstosses. **Ch** (b) = e^1. **Ch** (c) = fis^1 — g^1. **R** palatin. a — c^1, ebenso **G** moll = g^2 — a^2. **R** lingu. = e^1. **L** = a^1. **Th** = a^1. **S** = a^2, beim Lispeln noch einige Stufen höher, wie beim Blasen gegen scharfe Kanten. **Sch** = a — e^1, je nach der verschiedenen Luftgebung. **F** = e^1. Demnach folgen die einzelnen Konsonanten nach ihrer Schwingungszahl in folgender Ordnung. 1. **Ch**, **R** palatin., **Sch**, = a — c^1; 2. **Ch**, **R** lingu., **F**, = e^1; 3. **Ch** = g^1; **L**, **Th** = a^1; **G** moll, **S** = g^2 — a^2.

Die übrigen Konsonanten gaben keinen Ton, wenigstens keinen bestimmbaren.

Diese verschiedenen Tonstufen hängen von 2 Ursachen ab: von der Lage der Schallritze im Ansatzrohr, und von der Weite derselben. Je weiter die Schallritze nach hinten liegt, desto tiefer wird caeteris paribus der Ton oder

das Analogon des Tons ausfallen; je weiter nach vorn, desto höher. Je weiter ferner die Schallritze geöffnet ist, desto tiefer; je enger, desto höher der Ton. Ausserdem wird auch eine stärkere Beschleunigung des Luftstroms eine Erhöhung des Tons bewirken, wodurch die Varianten in unserer Tafel sich erklären lassen. Bei den Halbvokalen verbindet sich das artikulatorische Geräusch mit dem Tone der Stimmbänder; ersteres ist aber, wie schon erwähnt, in der Regel so schwach, dass es einer vokalen Beihülfe dringend bedurfte.

Von den Verwandtschaftsgraden und Verbindungsfähigkeiten der einzelnen Konsonanten zu einander, so wie zu den Vokalen werden wir unter den einzelnen Abschnitten das Nähere vorbringen. Allgemeine Regeln lassen sich hierüber nicht gut geben.

Die Konsonanten bezeichnen mehr das Begriffliche, während die Vokale mehr das Empfindbare ausdrücken. Die Konsonanten stellen daher den eigentlichen Gehalt oder Inhalt der Sprache dar, als des Mittels zur gegenseitigen Verständigung. Es giebt viele Sprachen, die aus diesem Grunde nur Bilder für Konsonanten aufzuweisen haben, während sie die Vokale durch Punkte und ähnliche kleinere Zeichen, die über die grösseren Zeichen oder Bilder gesetzt werden, ausdrücken. So die semitischen Sprachen, das Hebräische, Syrische, Arabische u. a. m. Mehrere Sprachen, besonders die germanischen und slavischen, sind in ihren Wortbildungen an Konsonanten sehr reich: andere, namentlich die Italische, vermeiden dieselben soviel als möglich, und lassen die Vokale, besouders am Ende der Worte, vorherrschen. Dies hat meiner Ansicht nach seinen Grund im Nationaltemperament. Wer wenig Bedürfnisse hat, wem das, was er braucht, ohne grosse Umstände gegeben wird, der braucht auch weniger Zeichen, um eine Idee zu verkörpern, als einer, der hier mit der Natur länger im Kampfe liegen muss.

Was die Eintheilung der einfachen Konsonanten, die Ordnung, in welcher wir sie am besten vorzutragen haben, anlangt, so haben wir uns oben bereits für eine solche entschieden, die uns am meisten anatomisch-physiologischen Grund zu haben schien, nämlich für die Eintheilung in hintere, mittlere und vordere, oder im hintern, im mittlern, und im vordern Theile des Mundkanals gebildete, d. h. in Gutturales, Linguales, und Labiales. Jede dieser Abtheilungen setzt sich, um sogleich auch des zweiten Eintheilungsprincips, wonach sie in literae liquidae (zu den auch die Nasales gehören) strepentes (s. adspiratae, aber nicht aspiratae, wie Kudelka irrthümlich zu schreiben pflegt) et explosivae zerfallen, zu gedenken, aus 2 — 3 Strepentes, Liquidae, 1 Nasalis und 1 in 2 Modifikationen erzeugbarer Explosiva zusammen. Strepentes oder einfache Rauschlaute nenne ich nämlich diejenigen Consonantes continuae, die weder liquidae, noch nasales sind, also weder mit Kehlkopfschwingungen, noch durch die Nase pronuncirt werden.

1) Gutturales s. posticae, d. h. solche Laute, welche durch Zusammenrückung oder Zusammenstoss des weichen und des hintern Theils des harten Gaumens mit dem Hintertheil der Zunge gebildet werden. Es sind (**H**) **Ch** oder **Kh** (strepentes); **R** pal. (liquida); **Ng** (liquida nasalis); **G** dur, **K** (explosivae).

2) Linguales s. mediae, welche durch Bewegung des vordern Theils der Zunge gegen den Vordertheil des harten Gaumens und gegen die Zahnbogen gebildet werden: **G** moll (strepens, als *Jot* liquida); **R** linguale, **L** (liquidae); **Th**, **S**, **Sch** (strepentes); **N** (liqu. nasalis); **D**, **T** (explosivae). —

Nach Graul*) gehört hierher noch ein der tamulischen Sprache ganz eigenthümlicher Sprachlaut, ḻ, ein Halbvokal, der zwischen **r**, **l** und dem französischen **j** (in *je*) liegen, den lingualen Charakter besitzen soll, und von Graul durch **Zh** bezeichnet wird.

3) Labiales s. anticae, welche zwischen den Lippen, vor den Zähnen gebildet werden: **V** (strepens); **W** (liquida); **Ph**, **F** (strepentes); **M** (nasalis); **B**, **P** (explosivae).

Es sind also ferner:

Semivocales s. liquidae: **R** pal. **R** lingu. **L**. **W**. **Ng**. **N**. **M** (letztere 3 sind Nasales), und unter Umständen **J**, sowie das vorhin erwähnte tamulische **Zh**.

Strepentes: (**H**) **Ch**. **G** moll. **Th**. **S**. **Sch** (letztere beiden auch sibilantes). **V**. **Ph**. **F**.

Explosivae s. mutae: **G** dur — **K**. **D** — **T**. **B** — **P**.

Mit diesen Sprachlauten, einschliesslich der Vokale, können alle Sprachen ausreichen. Indessen müssen wir noch einer Reihe von Sprachlauten Erwähnung thun, welche dadurch gebildet wird, dass der mittlere Theil der Zunge oder die Spitze derselben gegen den mittlern Theil des Gaumens bewegt und ihm angelegt wird. Wenn auch keine specifisch neuen Sprachlaute durch Benutzung dieses Mechanismus hervorgehen, sondern nur Modifikationen der in andern Abtheilungen des Ansatzrohrs gebildeten, so haben sich doch die Völker, welche des Sanskrit's sich bedienten, veranlasst gefunden, diese Modifikationen durch besondere Schriftzeichen zu unterscheiden. Die Grammatiker nennen diese Buchstaben theils *Palatales*, theils *Linguales*, wogegen unsere *Palatini* von ihnen *Gutturales* genannt werden.

Der Vollständigkeit wegen wollen wir noch einige andere Eintheilungen und Gruppirungen erwähnen. *Dentales* nennen viele diejenigen Konsonanten, bei den die Zunge an die Zähne stösst, also **S**. **Sch**. **D**. **T**. *Sibilantes* oder Zischlaute: **S**. **Sch**. [**C**, **Z**]. Hauchlaute: **H**, **Ch**, Blaslaute (spirantes): **V**. **W**. Als Hart und Weich werden in der Regel nur die Explosivae unterschieden. Die Eigenschaften Leise und Scharf können sich nur auf die Pronuncirweise beziehen, aber keinen wesentlichen Unterschied, keine neue Bezeichnung bedingen. Von grösserer physiologischer Bedeutung ist aber die früher richtig geahndete, später von den Sprachlehrern fast ganz übersehene oder geradezu verkannte Auflösung der Explosivae in Continuae: **Ch** (**Kh**), **Th** und **Ph** sind nämlich die verlängerten und aufgelösten Explosivae **K**, **T**, **P**; und könnten daher wohl auch einen gemeinschaftlichen, diese Qualität bezeichnenden Namen bekommen, nur nicht etwa Adspiratae, dies wäre falsch; besser wäre Solutae oder Protractae.

Angermann und Kudelka distinguiren bei ihren Klassifikationen hinsichtlich des Orts der Artikulationen genauer, meines Erachtens aber ohne Nothwendigkeit. Ersterer (S. 21) erhält 5 Gruppen, je nachdem bei der Artikulation 1) Unterlippe mit Oberlippe (**p b m**), 2) Unterlippe mit Oberzähnen (**f v w**), 3) Zungenspitze mit Oberzähnen (**sz s**), 4) Zungenspitze mit Vordertheil des harten Gaumens (**t th d r l n**), 5) Zungenrücken mit Hintertheil des harten Gaumens (**ch g j ck k**) zusammentreten. — Kudelka unterscheidet: 1) nach der Art der Entweichung und Unterbrechung des Luftstroms, in Nasenlaute, Aspirationslaute [sic], Murmellaute, und Stosslaute; 2) nach dem „Schauplatz“ oder Entstehungsort der Artikulation, der ein fünffacher ist: a. Zusammentritt von Lippen, Zunge und Zähnen (**m**, **b p**, **w**, **f**, **th**, **l**[1]); b. die Stelle zwischen den vordern Zähnen und der Mitte des Gaumens (**n**, **dt**, **z**, **s**, **l**); c. die Mitte des Gaumens unter Mithülfe des Zungenrückens

---

*) S. in Petermann's Geographischen Mittheilungen 1856. I. S. 16.

(ń, **d**^{3} **t**^{3}, ź ś, **l**^{3}); d. die Stelle zwischen Mitte des Gaumens und der Rachenenge, wo sich die Zunge zusammenballt (**n**^{4}, **d**^{4} **t**^{4}, ż, **sz**, **l**^{4}); e. die Rachenenge, durch Zusammenwirken der Zungenwurzel und des weichen Gaumens (**n**^{5} [**ng**], **g k**, **h ch**, **l**^{5} [ł]). Das **r** bildet noch eine sechste Gruppe. Der Schauplatz c. wird in der deutschen Sprache nicht benutzt, wohl aber in der polnischen; in der lateinischen und griechischen Sprache bleibt auch d. unbenutzt. — Ausserdem distinguirt er nach dem Härtegrad und nach der Schallquelle. — Die Inkonsequenz und Willkührlichkeit dieser, besonders der 2. Distinktion, wird bald einleuchten, denn **l** erhält 5; **n** 4; **s**, **z**, **d** 3 Varietäten, während sich **ch** und **r** mit einem Zeichen begnügen müssen.

Dass in obiger Aufzählung manche in den gewöhnlichen Alphabeten stehenden Konsonanten vermisst, manche daselbst fehlenden als Neu vorgefunden, manche bisher durch Ein Zeichen ausgedrückte von einander gesondert werden, hat seine guten physiologischen Gründe, die im folgenden Abschnitt ausführlich nachgewiesen werden sollen. Ein natürliches Alphabet hat ein Ideal, ein Bild dessen, was sein sollte, nicht eine Kopie dessen, was ist, aufzustellen.

Specielle Physiologie der Konsonanten.

a. Einfache Konsonanten.

1) Hintere oder Gutturales (eigentlich Gutturo-linguales). **Ch**. **R** palat. **Ng**. **G** dur. **K**.

Sie entstehen im hinteren Theile der Mundhöhle durch Verengung des Isthmus, so wie des zwischen weichem Gaumen und Zunge befindlichen Raumes. Nicht allemal findet eine Gegenbewegung dieser beiden Theile statt, es kann der eine ruhen, und nur der andere sich bewegen, es können sogar beide sich in einer und derselben Richtung bewegen, nur müssen sie beide sich nähern. Die erhaltenen Geräusche kommen aus der Tiefe der Mundhöhle, oder aus der Nasenhöhle hervor. Individuen und ganze Völkerstämme mit sehr ausgebildeten Gaumenorganen und tiefem Schlundgewölbe, wie die semitischen Völker, zeigen in ihren Sprachen eine grössere Abstufung von Gaumenlauten, als andere Menschen. Angermann (S. 14) will vom weichen Gaumen als Artikulationsorgan nicht viel wissen, er schreibt ihm bloss Einfluss auf die Klangfarbe zu.

H. Ch.

Wir gehen bei der speciellen Untersuchung von demselben Punkte aus, von welchem wir bei der Physiologie der Vokale ausgehen zu müssen glaubten. Das **H** ist der erste Ansatz oder Anlauf zum Vokalismus, ebenso aber auch zum Konsonantismus, und zwar zunächst zum **Ch**. Vom Mechanismus des **H** ist bereits früher umständlich gesprochen worden: wir haben gesehen, dass derselbe eben in Mangel an aller Artikulation besteht. So wie nun aber die Artikulation, und zwar in der Apertur, durch welche die Kehlkopf- und Schlundluft in die Mundhöhle einströmt, also im Isthmus faucium et oris beginnt, so entsteht ein selbstständiger Sprachlaut, welcher, wenn die Glottis dabei sich indifferent verhält, kein anderer sein kann, als das von uns sogeschriebene **Ch**, hebräisch ח, *Chet, Hhet,* in manchen Sprachen durch Verdopplung des **H**-Zeichens ausgedrückt.

Der Mechanismus des **Ch** ist also im Allgemeinen folgender:

Der weiche Gaumen und der Hintertheil der Zunge bewegen sich rasch gegeneinander, der Isthmus verengert sich, der Kehlkopf hebt sich etwas, worauf die Luft fast gar nicht durch den Isthmus faucium, sondern grösstentheils durch die zwischen dem ganzen weichen Gaumen und der Zunge gebildete Schallritze mit einem vernehmlichen Geräusche in die Mundhöhle streicht, wo dieses Geräusch die nöthige Resonanz erhält, um als Sprachlaut aus dem weit geöffneten Munde hervorzutreten.

Im Besondern sind wenigstens drei Modifikationen des **Ch** möglich, und in den Sprachen als angewandt nachzuweisen.

A. Das hintere, tiefe, gutturale **Ch**. Es wird durch folgenden Mechanismus erzeugt (Fig. 182).

1) Der weiche Gaumen (*P*) wird aus seiner mittleren Stellung ein wenig herab und vorwärts gezogen, fast als sollte die hintere Mundhöhlenöffnung auf diesem Wege abgesperrt werden; namentlich der hintere Gaumenbogen (*v*) wird, zunächst durch den Luftstoss, gegen die Mundhöhle getrieben; dabei kontrahirt er sich bedeutend stärker, als bei **A**, so dass eine Art Schallritze, die höchstens 2‴ breit ist, entsteht, obgleich es keine wirkliche Schallritze im gewöhnlichen Sinne ist, da diese Spaltöffnung die emporgeführte Luft nicht in die Mund-, sondern in die obere Rachenhöhle führt. Das Zäpfchen (*u*) hängt ziemlich schlaff herab, und wird vom Luftstrom vorwärts getrieben.

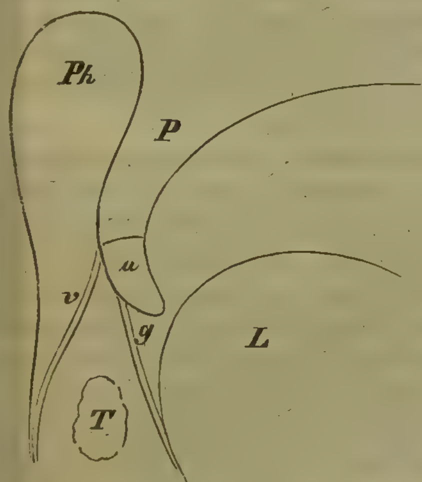


Fig. 182.

2) Die Zunge (*L*) hebt sich gleichzeitig mit ihrer Basis, dem Zungenbein, und zwar dermaassen, dass der Zungenrücken bis etwa zur halben Höhe des Zäpfchens aufsteigt, dessen Richtung sich daher bei hinlänglich erweiterter Mundöffnung noch betrachten lässt. Das obere Segment des grossen Zungen-Gaumenbogens ist noch sichtbar.

3) Der Kehlkopf steigt in Folge dieser Zungenbewegung ein Stück aufwärts.

B. Das mittlere, scharfe, hauchende **Ch** (Fig. 184), das sich vom vorigen auf folgende Art unterscheidet.

1) Der weiche Gaumen steigt aus seiner mittleren Stellung nicht herab, sondern bleibt entweder in derselben, oder wird sogar ein wenig aufwärts gezogen, der Isthmus verengert sich weniger, als im vorigen Falle, das Zäpfchen scheint sich etwas zusammenzuziehen. Vom Zungengaumenbogen erblickt man nichts mehr, nur die Gaumendecke vermag man zu übersehen: sie bildet von vorn nach hinten zu eine rinnenförmige Aushöhlung (Fig. 183): die Figur stellt einen in *a b* (Fig. 184) gedachten Querschnitt vor.

2) Die Zunge steigt bis zur weichen Gaumendecke empor, also mindestens $^3/_4$ Zoll höher, als bei **A**; sie legt sich an den Seiten inniger an die

Pfeiler, so dass in der Mitte ein Kanal von rautenförmigem Lumen (fast wie die Mundöffnung beim **U**) übrig bleibt. Die Zunge bildet also auf ihrem Rücken eine von hinten nach vorn laufende Rinne, ebenso wie der weiche Gaumen, nur umgekehrt. S. Fig. 183.

C. Das vordere, harte, palatine **Ch**; hart nenne ich es, weil es am harten Gaumen gebildet wird und dadurch auch in seinem Timbre etwas Hartes annimmt. Sein Mechanismus ist hinsichtlich des weichen Gaumens durchaus der der vorigen Modifikation (B), nur die Zunge nimmt eine andere Stellung und Form an.

Die sub B. erwähnte Zungenrinne verstreicht, so dass nur von Seiten des weichen Gaumens ein Luftkanal ermöglicht wird. S. die punktirte Linie in Fig. 184, so wie die Mittellinie *c d* in Fig. 183.

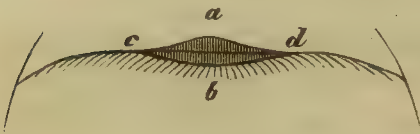


Fig. 183.

Mittelstufen zwischen, oder Modifikationen von *A.* und *B.* giebt es nach Umständen und Individualität gewiss sehr viele, ohne jedoch neue, besonders anzuerkennende Sprachlautmodifikationen zu bewirken.

Uebrigens ist bei allen 3 Varietäten die ganze Zunge bei mässig gehobenem Boden der Mundhöhle nach hinten gezogen, die Spitze eingezogen, breit und schlaff. Nach Angermann (S. 27) nimmt die Zunge eine ähnliche Haltung an, wie beim **e**, der Zungenrücken wird gewölbt, die Zunge berührt die Oberbackenzähne einschliesslich des 2. Kegelzahns, so dass der äusserste Zungenrand an den Unterzähnen rund herum liegen bleibt. — Ferner sind die Kinnladen und Lippen weit geöffnet, weiter als bei andern Konsonanten; der Kehlkopf ist ein Stück aufwärts gehoben. Diese Hebung des Kehlkopfs ist, zum Theil wenigstens, eine aktive, d. h. durch Kontraktion von unmittelbar am Kehlkopf sich inserirenden Muskeln (M. thyreo-pharyngopalatinus) bewirkte. In der Regel ist die Kehlkopfhebung bei der Bildung der Konsonanten eine passive, d. h. durch blosses Nachziehen am Ligam. hyo-thyreoideum von Seiten des direkt gehobenen Zungenbeins bewirkte.

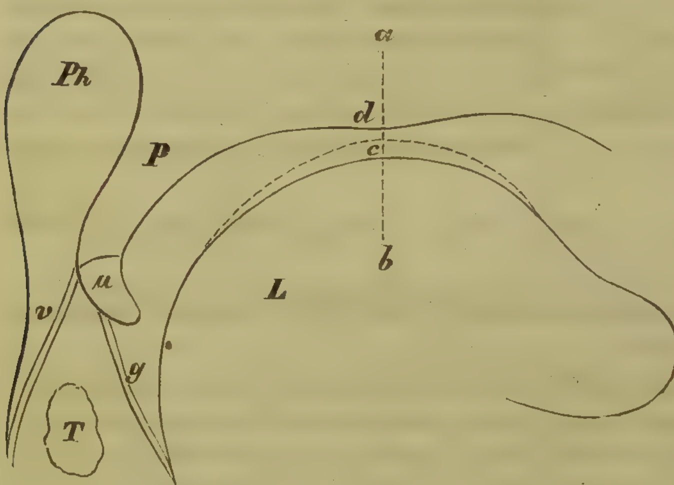


Fig. 184.

Der Luftstrom streicht durch die geöffnete Stimmritze, treibt die Uvula gegen den in geringer Entfernung von ihr stehenden Zungenrücken, doch ohne sie in aufschlagende Vibrationen zu setzen. Bei der Gaumen- und Zungenlage *A.* ist der Zwischenraum zwischen beiden Organen enger und kürzer, als bei *B.*, wo eine förmliche Vorhalle zwischen Isthmus und Mund-

höhle, welche hier erst in der Gegend der Grenze des weichen und harten Gaumens anfängt, gebildet wird. In jedem Falle entsteht aber eine bedeutende Einengung der hintern Mundhöhlenöffnung, in welcher sich der bei **H** einfache Hauch zu einem Geräusch gestaltet, das bei *A*. am rauhesten und am vernehmlichsten ist, und in seinem Timbre sich dem **G**-moll etwas nähert, wahrscheinlich weil in der schmalen Spalte zwischen Gaumen und Zunge eine starke Reibung stattfinden kann; bei *B*. ist es ein weniger rauschender, aber schärferer, gepressterer Hauch, ein wahres **HH**, ohne Anklang an **G**-moll; bei *C*. endlich ist es ein in die Länge gezogenes **G**-dur, das eigentliche **Ch** oder **Gh** (nicht **Kh**), das dem (so geschriebenen) **Th** und **Ph** vollkommen analog ist.

So erhalten wir drei von einander bestimmt unterschiedene Modifikationen des **Ch**, die wir eigentlich, eben so gut, wie wir es mit **B** und **P** thun, durch besondere Zeichen ausdrücken sollten. Die Hebräer unterschieden wenigstens die 3. Modifikation durch ihr כ bestimmt von ihrem ח, das wohl *A* und *B*. in sich vereinigt. Die Araber dagegen haben für alle 3 Modifikationen besondere Zeichen, nämlich:

ج ﺟ, Dschim, das wahrscheinlich der 1. Modifikation entspricht;
ح ﺣ, Hha, „ „ „ 2. „ „
خ ﺧ, Cha, „ „ „ 3. „ „

Im Sanskrit dagegen findet sich nur Ein Zeichen für **Ch**, nämlich ख, was etwa unserer 2. oder 3. Modifikation des **Ch** entsprechen dürfte. Wenn Bopp's Ansicht, dass die adspirirten sanskritanischen Explosivlaute nicht unsern **Ch**, **Ph** und **Th** (englisch) entsprechen, richtig ist, so hätte es im Sanskrit gar kein Zeichen für den **Ch**-Laut gegeben.

Der Mechanismus der Modifikation *A*. ist im Wesentlichen so ziemlich derselbe, welcher zur Herausschaffung des Pharyngeal- und Laryngealschleims und Uebersiedelung desselben in die Mundhöhle bestimmt ist, also der des bei uns Sachsen sogenannten Racksens, und zwar in dem besonderen Fall, wenn ein Schleimklumpen hinter der Uvula oder hinter dem Schlundgaumenbogen hängt, und derselbe durch einen kräftigen Exspirationsstoss in die Mundhöhle geschleudert werden soll.

Beim Mechanismus *B*. findet die Artikulation mehr im mittlern Theile der Mundhöhle statt, der erhaltene Laut erhält das Timbre, was wir durch Fauchen ausdrücken. Beim dritten **Ch** fällt das Fauchen weg, das Geräusch wird härter, begränzter, gezogener.

Von besonderem Interesse sind die Verwandtschaften des **Ch** zu den übrigen Sprachlauten.

Die assimilirende Verwandtschaft des **Ch** bezieht sich zunächst auf **H** und **K**, zwischen welchen dasselbe in der Mitte steht, so dass die graduelle Folge sich so gestaltet: **H**, **Ch**, 1.—3., **K**. In der geschichtlichen Entwickelung der Sprachen lässt sich der Uebergang aus der einen in die andere (härtere) Stufe oft deutlich nachweisen, z. B. *Ahsel*, *Achsel*, *Axel*.

Obgleich es möglich ist, mit dem **Ch**-Laut der 1. und 2. Modifikation eine Silbe zu beginnen, so geschieht dies doch im Hochdeutschen nur zu Anfang einer zweiten Silbe eines Wortes, z. B. *fauchen, lauge, auge* u. s. w., in welchen Wörtern das **Ch** in der 2. Modifikation vorkommt. Ob andere

Leute auch erste Silben mit **Ch** anlauten, weiss ich nicht: auf meinen Reisen erinnere ich mich wenigstens nicht, es gehört zu haben, und andere, als Ohrenzeugen haben in diesen Angelegenheiten keine Auktorität. Die Allemanen und Schweizer dagegen lieben das 1. und besonders 2. **Ch** sehr, und vermögen es in allen Positionen auszusprechen. Wir Hochdeutsche aber setzen allemal, und zwar auch nur, wenn wir recht rein sprechen, die 3. Modifikation des **Ch**, wenn wir mit diesem Konsonant ein Wort anlauten sollen. Gewöhnlich pronunciren wir leider das (allerdings uns geläufigere und an sich auch leichtere) **K** dafür, z. B. *Charakter, Charkow, Orchester* — Vielleicht hat das hebräische Ajin (ע) oder das arabische *Ghain* als Silben-Anlaut wie unser **Ch** 1. oder 2. gelautet, wenn es nicht, was mir wenigstens glaublicher ist, unser **g**-moll war.

Soll also im Hochdeutschen die 1. oder 2. Art des **Ch** wirklich rein zum Vorschein kommen, so muss ein Vokal vorhergehen, mag er nun derselben Silbe angehören, oder nicht. Hierbei ist es merkwürdig, dass die Art des Vokals auf die Artung des **Ch** einen wesentlichen Einfluss hat. Geht nämlich **A** voraus, z. B. *Ach, Rache,* so gestaltet sich das **Ch** als Variet. 1., geht dagegen **o, u, au** voraus, so gestaltet es sich als Variet. 2. Wenigstens ist es bei mir der Fall, so wie bei allen denen, deren Organe ich bei der Pronuncirung des **Ch** beobachtet habe. Eine zweite Merkwürdigkeit ist, dass nach **Ä, E, I, Ü, Ö, ai, aü** gar keins der 3 **Ch** pronuncirt zu werden pflegt, obwohl es, zumal was die 3. Varietät anlangt, möglich, wenn auch schwierig und unbequem ist, sondern dass wir nach diesen Vokalen allemal **G**moll pronunciren, welches daher offenbar in starkem Verwandtschaftsverhältnisse mit dem **Ch** steht, und als 4. oder vorderste Varietät desselben betrachtet werden kann. In der That lässt sich **G**moll als ein **Ch** mit weit vorgerückter Schallritze ansehen; besser ist es aber doch, wir unterschei den beide Laute als specielle, da wir sonst vor Varietäten uns nicht retten könnten.

Das hintere **Ch** (Var. 1.] erfordert zu seiner Erzeugung einen ziemlich starken Luftstrom, weshalb dabei die Glottis weit geöffnet sein muss. Dieser Luftstrom wird an den einander sehr genäherten Gaumenpfeilern reflektirt, und in den von denselben und den ihnen entgegen gehobenen, etwas muldenförmig vertieften Zungenrücken gebildeten spaltförmigen Kanal, über dessen oberer Mündung die Uvula schwebt, in ungleiche Wellenbewegung versetzt, die Ränder dieser Schallritze schwingen wohl auch auf ihre Art mit, und so entsteht beim Durchblasen der Luft ein eben nicht sonderlich klingendes, stark hauchendes Geräusch, das bei grob und dick gebauten Gaumenbogen sogar in ein G e k r e i s c h ausarten kann. Die Pfeiler des Isthmus werden durch das vorgetriebene Zäpfchen auch etwas mit vorgeschoben.

Bei der 2. Variet. scheint der Isthmus noch enger, als bei der 1., dabei der vom weichen Gaumen und der Zunge begrenzte Spalt länger und nach der Mundhöhle zu rhombisch kalibrirt zu sein; die Luft muss stärker gestossen werden, damit es zur Geräuschbildung kommt, welches, wie schon erwähnt, durch F a u c h e n bezeichnet zu werden pflegt Dass das Zäpfchen bei diesen akustischen Vorgängen eine nicht unbedeutende Rolle spielt, ist sehr wahrscheinlich: wer doch die zahlreichen, von Y e a r s l e y und Konsorten ihres Zäpfchens beraubten Patienten beobachten könnte, da liesse sich gewiss Manches entdecken. So viel scheint mir gewiss, dass, wenn das Zäpfchen

sammt einem Stück Gaumenbogen zerstört ist, das **Ch** nicht mehr deutlich pronuncirt werden kann.

Bei der 3. Varietät wird wohl weniger die Isthmus-Schallritze, als vielmehr die Spalte zwischen Gaumen und Zunge eingeengt, namentlich nach der Mundhöhle zu, so dass die Luft sich förmlich durchzwingen muss.

Sehen wir jetzt in den Büchern nach, wie der Sprachlaut **Ch** geschrieben wird, damit wir die Fehler auffinden und Mittel zur Abhilfe derselben angeben können. Wir können natürlich hier die todten Sprachen nur in so weit berücksichtigen, als die neuern, von denen wir zunächst zu reden haben, auch in Bezug auf diesen Sprachlaut Manches aus denselben entlehnt haben. Zuerst ist zu bemerken, dass mehrere lebende Sprachen den **Ch**-Laut, wenigstens die 1. und 2. Modifikation, gar nicht besitzen, obschon sie das Zeichen dafür haben. Sie sprechen dafür **K** oder **sch** aus. Hierher gehört das Französische, das Italische, Spanische, Portugisische, also die romanischen Sprachen. Die germanischen, slavischen und finnischen Sprachen, so wie die schon erwähnte arabische, besitzen es dagegen in seiner ganzen Entwickelung. Das erste oder hintere **Ch** wird von den Schweizern und Tyrolern zuweilen sehr geschärft und rauh ausgesprochen, so dass sich einige Sprachlautlehrer veranlasst gesehen haben, dieses **Ch**, was sie das gutturale nennen, in ein hartes und weiches zu unterscheiden. Was J. Müller mittleres **Ch** nennt, und was eigentlich unserem 2. **Ch** entsprechen sollte, gehört zum Theil wenigstens in das Gebiet des 1. oder hintern **Ch**. Denn er setzt als Beispiele nicht nur Worte, wie *„auch, suchen“*, sondern auch *Ach, Tag, sagen* dahin. Sein hinteres **Ch** beschränkt sich auf die harte Varietät oder Mundart der Schweizer und Tyroler. Eben so wenig wie Müller, wissen die übrigen Linguisten das hintere vom mittlern **Ch** zu unterscheiden, wie denn über die Theorie keines Sprachlauts im Laufe der Zeiten mehr hallucinirt und gefabelt worden ist, als gerade über die des **Ch**. Das sogenannte vordere **Ch** Müller's und Bindseil's ist nichts, als das **G**moll, dessen Zeichen daher sehr natürlich mit dem des **Ch** oft genug, in der neuesten Zeit auch noch von Angermann und Kudelka, konfundirt zu werden pflegt. Kurz, weil nun einmal die Literae continuae, welche durch Gegenbewegung des Gaumens und der Zunge erzeugt werden, und weder **R**, noch **N**, noch **K** sind, in eine Brühe geworfen werden, obwohl man sich des Unterschiedes derselben wohl bewusst ist, so werden auch die beiden Zeichen **Ch** und **G**, die man für diese 4, sage vier Sprachlaute für hinreichend befunden hat, ohne allen Unterschied bald für den einen, bald für den andern Laut gebraucht. So: *Auge, lieblich, sagen, Licht; Dogge, Katalög;* anstatt *Auche, lieblig, sächen, Ligt, döche, katalöch.* Besser wäre es freilich, wenn wir für jedes der 3 **Ch** ein besonderes Zeichen einführten. Sollten übrigens die Engländer nicht auch das **Ch** in *Charakter* als gezogenes **K** aussprechen, eben so wie ihr **Th** als gezogenes **T** oder **D**? Die Polen schreiben ihren **Ch**-Laut **H**; die alten und neuen Griechen **X**. Keine der lebenden Sprachen, so viel mir bis jetzt bekannt geworden sind, hat für den **Ch**-Laut mehr als ein Zeichen, wohl alle aber konfundiren in ihrer Schrift den **Ch**- und **G**-Laut mit einander. So lautet im Russischen Богъ = *Böch* (Gott), schriftlich *Bog.* Das altgriechische X wurde, wie aus den von Liscovius angeführten Zeugnissen wahrscheinlich wird, wie unser 3. **Ch** ausgesprochen, obwohl es unter Umständen und zu Zeiten auch wie unser

1. **Ch**, und selbst auch wie **g**moll gelautet haben mag. Die hebräische Sprache hat zwei Zeichen, die auf unsern **Ch**-Laut bezogen werden können, ח und ע: letzteres stand vielleicht in der Mitte zwischen **G**moll und **Ch**. Vgl. Seyffarth über die ursprünglichen Laute der hebr. Buchstaben. Leipzig 1824., obgleich dieser Gelehrte auch keinen strengen Unterschied zwischen beiden Sprachlauten macht.

Die für die Orthographie, zunächst für die deutsche, zu beobachtenden Regeln beschränken sich also, so lange wir uns mit Einem Zeichen begnügen müssen, darauf, dieses Eine Zeichen wenigstens nicht mit dem **G**moll zu konfundiren, also vor **a**, **o**, **u**, **au** kein **g**, und vor **ä**, **ö**, **e**, **i**, **ü** kein **ch** zu schreiben. Man darf sich hier durchaus nicht auf die historische Auktorität berufen oder einen seit vielen Jahrhunderten eingewurzelten physiologischen Fehler auf Kosten einer eingebildeten Pietät gegen das altehrwürdige Herkommen in Schutz nehmen wollen.

Der physiologische Charakter des **Ch** ist Ausdruck des Rauhen, Rauchen, Scharfen, das Gefühl auf irgend eine Art Beleidigenden, wenigstens stark Afficirenden, wie aus den Worten: *rauch, Rauch, Lauge, Strauch, straucheln, Stachèl, Ach, Lachen, Dogge, Magma, Acht* u. s. w. hervorzugehen scheint. Die 3. Varietät des **Ch** hat mehr den Charakter des **K**, aus welchem es entstanden ist.

Die kombinatorische Affinität des 1. und 2. **Ch** zu andern Konsonanten ist ziemlich schwach. Einem andern Konsonanten nachfolgend lässt es sich nicht gut aussprechen, selbst nicht leicht, wenn jener eine vorhergehende Silbe schliesst, dieses eine neue beginnt, sondern in solchen Fällen wird wohl allemal **g**moll dafür gesprochen. Ueberhaupt pflegen wir (Hochdeutsche) mit dem **Ch** nie ein Wort anzulauten, wohl aber eine zweite oder dritte Silbe eines Wortes, wenn nämlich die vorhergehende mit einem Vokale schloss. Man spricht also nicht *Arche*, sondern *Arge*, obwohl es Dialekte und Sprachen geben mag, welche in diesem Falle wirklich **ch** sprechen. Wohl aber sprechen wir *Auche* (Auge), *Sache*, *Lachen*, *Hauchen* u. s. w. Dieser Umstand, dass also **ch** für gewöhnlich keine Anfangssilbe anlautet, sondern nur zweite Silben, führt uns darauf, dass dieser Sprachlaut auch in diesem letztern Falle keinen reinen Anlaut bildet, sondern dass hier, selbst wenn der Auslaut der vorhergehenden Silbe ein langer Vokal ist, eine gewisse Theilung des **Ch** stattfindet, dergestalt, dass derselbe ebenso der ersten als der zweiten Silbe angehört. Noch entschiedener besitzt diese Eigenschaft das **N** guttr., wie wir weiter unten sehen werden. Worte, wie χαλυβς, χονδρον u. s. w. bekommen bei der Aussprache in der Regel den **G**moll-Laut. Mit einem nachfolgenden Konsonanten lässt sich dagegen **Ch** sehr gut verbinden, selbst in einer und derselben Silbe, nur geht das nicht mit allen Konsonanten an, sondern nur mit **K**, **T**, **P**, **S**, **Sch**, **Z**; z. B. *Acht, Achk* (wenn gleich dies Wort vielleicht gar nicht existirt), *Ochs* (nicht Oks), *Achp* (existirt wohl auch nicht). Soll das **Ch** mit **F**, **L**, **M**, **N** verbunden werden, z. B. *Ochl, Kochl,* so wird ein stummes **e** oder **o** eingeschoben. Letztere Aushülfe ist aber nicht nöthig, wenn **Ch** die erste Silbe schliesst, und ein anderer Konsonant die zweite Silbe anfängt, z. B. *Lach-krampf, Mach-ma* (Magma), *Ruch-bar, Toch-ter.* Alle Konsonanten lassen sich auf diese Weise mit dem **Ch** verbinden, nur nicht leicht **Ng** und **R** linguale, vor welche sich gewöhnlich auch ein stummes **e** vorsetzt,

R palatinum s. gutturale.

Der sogenannte Zitterlaut, Consonans tremula, **R** lässt sich auf verschiedene Art, an verschiedenen Stellen des Ansatzrohrs hervorbringen, indem dazu im Allgemeinen nichts Anderes erfordert wird, als Bildung einer Schallritze, welche beim Durchstrich der Luft und gleichzeitiger Glottisschwingung durch aufschlagende (oder einschlagende) Schwingungen der einen beweglicheren Wand oder Kante dieser Ritze oder Spalte abwechselnd geöffnet oder geschlossen wird. Zu sprachlichem Zwecke geschieht dies, wenn wir von dem unästhetischen Lippenzitterlaute vorläufig absehen, an zwei Stellen des Ansatzrohrs, nämlich am weichen und am harten Gaumen, mittels des angelegten hintern oder vordern Theiles der Zunge. Wir wollen das an ersterer Stelle zu Gehör kommende **R** das Palatine oder Gutturale, das weiter vorn erhaltene das Linguale nennen, und sprechen daher unserer Anordnung gemäss gegenwärtig erst vom **R** palatinum, während vom **R** linguale erst in der 2. Reihe der Konsonanten die Rede sein kann.

Das Gaumen-**R** steht dem **Ch** hinsichtlich seines Mechanismus am nächsten, nach Valentin (§. 3193) soll sich das schnarrende [?], tief hinten ausgesprochene **K** schon von selbst [?] in ein rasselndes (gutturales) **R** verwandeln. Es lässt sich zur sprachlichen Bezeichnung auf zweierlei Art produciren, nämlich ohne oder mit Schallschwingungen der Stimmbänder des Kehlkopfs; also als blosser Rauschlaut, oder als Halbvokal. Als blosser Rauschlaut bildet er die Mittelstufe zwischen **Ch** und dem reinen flüssigen **R**. Abgesehen von dieser Kehlkopffunktion, welche wir bald näher betrachten wollen, besteht der Mechanismus des hintern oder Gaumen-**R** aus folgenden Elementen.

1) Der weiche Gaumen wird etwas tiefer und weiter vorgezogen, als beim **A**, zugleich die Pfeiler des Gaumenbogens sehr einander genähert, so dass die obere Partie eines jeden das Zäpfchen, welches nicht mit verkürzt wird, seitlich berührt.

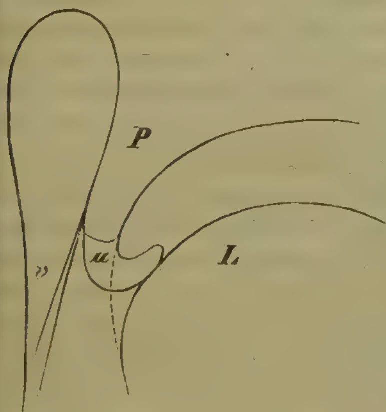


Fig. 185.

2) Die Zunge bewegt sich mit ihrer hintern Portion so gegen den weichen Gaumen, dass sie denselben bis zur herabhängenden Spitze des Zäpfchens bedeckt, oder sich über ihn legt, wenn man nicht lieber umgekehrt sagen will, dass sich der weiche Gaumen von unten bis zur Höhe der Zäpfchenspitze sich über die Zunge legt, oder sich ihr anschmiegt.

3) Wenn die Luft an dem so zugesperrten Isthmus faucium vorbei in die Mundhöhle dringen will, so kann dies nicht anders geschehen, als indem sie das Zäpfchen vorwärts über den Zungenrücken hintreibt, dadurch unter und zwischen dem Zäpfchen und der Zunge durchstreicht und zugleich auch sich zwischen den auf diese Art entstehenden kurzen Spalten zwischen den Gaumenpfeilern und dem Zäpfchen Bahn bricht. Dieses wird nun zu einem Schallerreger: es verhält sich jetzt durchaus wie eine elastische einschlagende Zunge,

schlägt gegen die wirkliche Zunge (L), nachdem sie durch den Luftstrom in die Höhe geschnellt worden, vermöge ihrer Elasticität und Eigenschwere zurück, und erzeugt auf diese Art das bekannte Rassel- oder Schnarrgeräusch des Gaumen-**R**-Lautes. Zu einem verständlichen **R**-Laute gehören wenigstens drei solche Auf- und Niederschnellungen des Zäpfchens. Soll aber das **R** stärker markirt werden, so muss dieser Vorgang öfter, doch nicht zu oft, nicht öfter als 5—6 mal wiederholt werden. Bei Personen, bei welchen die obern Zähne fehlen, kann man, wenn der Zungenrücken etwas niedergehalten wird, diese Vibrationen deutlich beobachten. Die Pfeiler des Arcus pharyngo-palatinus (v) haben an dieser Vibration keinen Antheil.

5) Damit das Zäpfchen in Schwingung geräth, ist ein durch die offen stehende Glottis geführter Luftstoss, eine Adspiration, nöthig. Sobald dies geschehen ist, und die erste Vibration des Zäpfchens beginnt, schliesst sich augenblicklich die Glottis und die Bänder derselben fangen sofort zu vibriren und einen Ton zu geben an, der so lange anhält, als die Vibrationen des Zäpfchens dauern sollen. Jene Adspiration war bei den Griechen wahrscheinlich ziemlich vernehmlich, daher bezeichneten sie dieselbe durch den Spiritus asper. Die alten germanischen Sprachen setzen sogar ein **H** vor das **R**, wenn es ein Wort anlautet, eben so wie die Slavischen vor **L**, s. d.

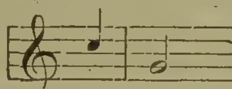
6) Der Vordertheil der Zunge verhält sich indifferent, er liegt ruhig und schlaff auf dem Boden der Mundhöhle. Der Kehlkopf wird ein kleines Stück sammt dem Zungenbein in die Höhe gezogen, wodurch auch der zunächst vor demselben befindliche Theil des Mundhöhlengrundes aufwärts bewegt werden muss. — Die Kinnladen und Lippen sind ziemlich so weit von einander entfernt, wie beim **A**.

Bleibt nun während dieses so eben beschriebenen Mechanismus die Glottis offen, so hört man weiter nichts, als das durch die Vibrationen des Zäpfchens entstandene Geräusch. Wird dieser Mechanismus während der ganzen Exspiration fortgesetzt, und bei den folgenden Exspirationen beibehalten, so gestaltet sich derselbe zu dem ersten oder mildesten Grade des sogenannten Schnarchens. Von dem zweiten Grade des Schnarchens, bei welchem auch während der Inspiration ein, und zwar noch lauteres und durch einen komplicirteren Mechanismus bewirktes Rasselgeräusch vernommen wird, haben wir früher S. 57 gesprochen. Aber auch beim Sprechen kann die Zäpfchenvibration ohne Mitwirkung der Stimmbänder stattfinden, und zwar geschieht dies aus nahe liegenden Gründen zuweilen bei der Pronunciation des **Ch**, dessen Mechanismus, wie wir wissen, dem des **R** palatinum sehr ähnlich ist. Dieses schnarchende oder rasselnde **Ch** ist, wo es vorkommt, immer als Sprachfehler zu betrachten, weil es widerlich klingt. Gleichwohl ist dieses schnarrende **Ch**, was also nichts ist, als ein stark gehauchtes Gaumen-**R** ohne Stimmbänderschwingungen, von einigen Nationen, namentlich den Arabern, in ihr Sprachlautsystem aufgenommen: es entspricht nach Hupfeld und Bindseil dem arabischen غ (Gain).

Vergleichen wir also das **Ch** mit dem hinteren **R**, so finden wir keinen andern durchgreifenden Unterschied, also dass beim **R** die Zunge dem weichen Gaumen näher gerückt wird, so dass das Zäpfchen beim Exspiriren auf den Zungenrücken zu liegen kommt, vibrirt, und dass gleichzeitig die Stimmritze bis zur Tongebung verengt wird.

Das Gaumen-**R** ist der erste Konsonant in unserer Reihe, welcher zu seiner vollen Pronuncirung den tongebenden Schluss der Stimmritze erfordert, welcher also aus zwei Schallphänomenen zusammengesetzt ist, einem im Ansatzrohr erzeugten Geräusche, und dem durch die Schwingungen der Stimmbänder gebildeten Tone. Wir wollen daher gleich hier ein für allemal untersuchen, wie die Glottis bei der Lautung der sogenannten Halbvokale sich verhält.

Während bei den übrigen Konsonanten die Stimmritze in ihrer ganzen Länge offen steht, die ganze sprachliche Schallbildung sich also auf das durch die isthmische Verengerung in irgend einem bestimmten Theile des Mundkanals erzeugte Geräusch beschränkt, ist es bei den sogenannten Halbvokalen den beiden **R**, **L**, **M**, **N**, **Ng**, **W**, (**J**) wesentliche Bedingung, dass der hintere, knorpliche Theil der Stimmritze geschlossen wird, und auf diese Art die Stimmbänder so weit aneinander genähert werden, dass beim Durchstreichen der Luft ein Ton in der Glottis erzeugt wird. Dieser Ton ist ein Brustton oder ein Fistelton, je nachdem gerade in diesem oder jenem Register gesprochen oder gesungen wird; eben so richtet sich auch die die Tonstufe bestimmende Beschaffenheit der Glottis und der durchstreichenden Luftsäule nach der Tonhöhe des Vokales, mit welchem der gedachte Halbvokal zu einer Silbe zusammengesetzt und pronuncirt wird. So hat in folgendem Beispiele



das erste **R** die Tonhöhe c^1, das andere die Tonstufe g. Die Schwingungen der Uvula, welche nur ein Geräusch geben, tragen zu dieser Tonstufe nichts bei, da sie unter allen Umständen in einer und derselben Zeitfolge einander sukcediren.

Geht dem **R** ein kurzer, aber betonter Vokal vorher, z. B. in *Herr, Schnarren,* so wird die Zahl der Zäpfchenvibrationen vermehrt, etwa um das Doppelte des einfachen oder unbetonten **R**. Diese Vermehrung wird in der Schrift herkömmlicher Maassen durch Verdoppelung des Schriftzeichens ausgedrückt. Bei zweisilben Wörtern, wie *schnarren,* wird von diesen Vibrationen ein Theil zur zweiten Sylbe übergezogen, so dass also ein solches Wort mit vollem Rechte so abgetheilt wird, dass ein **R**-Zeichen den Schluss der ersten, das andere den Anfang der andern Silbe bildet. Diese Trennung ist am auffallendsten im Gesange, wenn die beiden Silben verschiedene Tonhöhe erhalten, z. B.



Hier tönen die ersten Schallzeittheilchen des Doppel-**R** tiefer, g, die übrigen höher, d^1. Indessen findet hier wohl kaum eine scharfe Trennung der Tonstufen Statt, sondern eine Art Portament, so dass die mittlern Zeittheilchen sich durch die zwischen dem g und d^1 liegenden Tonstufen hindurch, in obigem Falle also hinauf ziehen.

Das Gaumen-**R** wird von mehrern Schriftstellern gar nicht als legitimer Sprachlaut anerkannt, sondern in die Sprachfehler verwiesen. So von Kempelen, Schmalz, Reich, Angermann u. a. m. Sie nennen diesen vorgeblichen Fehler, bei welchem also statt des „einzig wahren und richtigen" Zungen-**R** das Gaumen-**R** pronuncirt wird, *Schnarren, Rhotacismus, Grasseyement* u. s. w. Es sei nur ein dürftiger Ersatzlaut, dieses Gaumen-**R**, zu welchem sich der Hörende als Kind, dem das reine Zungen-**R** zu schwer geworden war, verirrt habe.*) Es klinge widrig, unangenehm u. s. w. Ich weiss nicht, womit das Gaumen-**R** verschuldet hat, als Fehler verketzert zu werden. Wer es von Kindheit an bei seinem Sprechen gebraucht hat, der hat es gewiss darin zu eben so grosser Fertigkeit gebracht, als andere Leute im Zungen-**R**. Sprachlaute aber, welche fertig pronuncirt werden, klingen niemals widrig, also nimmermehr naturwidrig, weil sie von naturgemässen Organen nach bestimmten Naturgesetzen gebildet werden. Es ist reine Geschmacksache, dem Zungen-**R** den Vorzug vor dem Gaumen-**R** geben zu wollen. Mir klingt nun gerade das Zungen-**R** widerwärtig, weichlich: ich könnte also mit demselben Rechte, was sich oben erwähnte Herren anmaassen, sagen: „das Zungen-**R** ist ein Fehler, denn es klingt unangenehm, es ist ein trauriger Behelf für das einzig naturgemässe Gaumen-**R**". Freilich, wer einmal sich an das Zungen-**R** gewöhnt hat, kann in der Regel das Gaumen-**R** nicht fertig, also nur schlecht, naturwidrig, pronunciren, eben so wie dem, dem das Gaumen-**R** geläufig ist, das Zungen-**R** schwer fällt. Uebrigens ist bei guter Pronunciation der akustische Unterschied zwischen beiden **RR** so gering, dass es des Aufhebens nicht werth ist: endlich sind mir wenigstens bis jetzt mehr Menschen vorgekommen, welche das Gaumen-**R**, als solche, die das Zungen-**R** in ihrer Sprache gebrauchten. Allerdings ist ein Sprachlaut ein so alltägliches, dem Menschen angewachsenes Ding, dass die meisten Menschen gar nicht wissen, wie es damit zugeht.

Freilich wird das Gaumen-**R** oft schlecht, naturwidrig gebildet. Das Zäpfchen wird angespannt, steif gehalten, so dass es nicht frei und lose dem Windstosse folgen kann, sondern in eine harte, ungleich schnurrende Bewegung fällt. Oder die Gaumenpfeiler legen sich ungleichmässig an den Zungenrücken, so dass neben dem Schnarrlaut noch ein rauschender Hauch zu Gehör kommt. Namentlich ist bei Hypertrophie der Tonsillen der Mechanismus des Gaumen-**R** sehr schwierig und unvollkommen. Das sind Fehler, aber ein gut gebildetes Gaumen-**R** ist kein Fehler, sonst wären die Naturgesetze selbst Fehler.

Die alten wie die neuen Griechen setzen, wie schon erwähnt, einen Spiritus asper vor ihr **P**, wenn es ein Wort anfängt. Ebenso schrieben die Angelsachsen, Isländer und Skandinaven **Hr** statt des einfachen anlautenden **R**. Warum dies? Wahrscheinlich, weil sie sich des Gaumen-**R** bedienten, nicht des Zungen-**R**; denn bei letzterem ist eine Adspiration gar nicht nöthig. Uebrigens ist jene Adspiration wohl auch oft etwas materiellerer Natur gewesen, und nach Zeit und Umständen in **Ch** oder gar **K** übergegangen. Ob das Sanskrit die beiden **R**-Formen unterschieden habe, vermag ich wenigstens auf Grund der Bopp'schen Grammatik nicht zu entscheiden: wir wollen beim **R** linguale diesen Punkt weiter zu erörtern suchen. Die Hebräer und Syrier haben nur einen **R**-Laut, den sie jedenfalls mehr

*) Reich der erste Unterrict der Taubstummen. Leipzig 1834. S. 142.

als Kehl- oder Gaumenlaut, nicht als Zungenlaut aussprachen. In Mitteldeutschland, z. B. in Berlin und Leipzig, wird mindestens eben so oft und geläufig das **R** pal. gebraucht, als das **R** ling.; auch in der französischen Schweiz ist es gebräuchlich.

Wenn die Europäer und überhaupt die sogenannten gebildeten Völker feiner in ihrer Aussprache distinguiren wollten, so hätten sie längst, ebenso wie die Araber, für die beiden **R** zwei verschiedene Zeichen erfunden, und in ihren Sprachen, in ihren Wortbildungen diese Unterschiede beobachtet. Indessen es ist nun einmal nicht geschehen, und ist auch am Ende nicht nöthig, dass es geschieht. Wir werden also auch in Zukunft uns wahrscheinlich mit dem einen **R**-Zeichen begnügen müssen, während wir stets die beiden **R**-Laute besitzen werden.

Ueber die übrigen Fehler, die beim **R** überhaupt vorfallen, sprechen wir unter dem Zungen-**R**.

Das **R**, wie alle Halbvokale, besitzt eine ziemlich umfassende kombinatorische Verwandtschaft zu den übrigen Sprachlauten. Am schwierigsten oder gar nicht verbindet sich das **R** als Anlaut mit andern Konsonanten: immer muss hier wenigstens ein sogenannter stummer Vokal die Verbindung bewirken. Leichter verbindet sich das **R** mit Konsonanten, wenn es die zweite Stelle einnimmt, nur nicht mit **L**, **N**, **M**, auch nur schwierig mit **Ch**, **W** und **S**. Dagegen fällt bei vorausgehendem Vokale die Verbindung mit nachstehendem **L**, **N**, **M**, **S** sehr leicht. Eine Silbe wird also nicht leicht, weder mit **Rb**, **Rd**, **Rg** etc. noch mit **Nr**, **Mr**, **Lr** anlauten können, während **Chr** und **Wr** etwas leichter als Anlaut zu prästiren sind. Als Silbenausgänge ist auch —**rch**, —**ro**, —**rw** nicht wohl zu pronunciren. Die vorkömmlichen Kombinationen sind also: die Anlaute **Br**, **Dr**, **Fr**, **Gr**, **Kr**, **Pr**, **Sr**, **Schr**, **Tr**, **Zr**; ferner die Auslaute **rb**, **rd**, **rf**, **rg**, **rk**, **rl**, **rm**, **rn**, **rp**, **rs**, **rsch**, **rt**, **rz**, welche Endkonsonanten sogar noch weiter zusammengesetzt werden können, z. B. *Arnt, Arzt, darbt, erst* u. s. w. Ueber die Gesetze, nach welchen die Kombination der Konsonanten überhaupt geschieht, werden wir geeigneter nach Beendigung dieses Abschnittes sprechen.

Das Gaumen-**R** ist der symbolisch-psychische Ausdruck einer, wenn auch nicht allemal widerwärtigen, doch gewaltsamen oder unerwarteten Erregung physischer oder organischer Kräfte, z. B. der Nerven, welche sich *oscillando* oder in kleinen, unterbrochenen Stössen aussprechen oder ausgleichen, nicht mit einem Male zum Ausbruch kommen will. Die Naturlaute und Naturäusserungen *brr, hurre, knurren, scharren, schnarren, knarren, schnurren, wirren*, *irren* u. a. erzeugen die Idee eines Zurückhaltens, Hemmens einer Bewegung, die unter andern Umständen sich frei äussern würde. So lässt sich recht gut der Vorgang, der bei der Erzeugung des **R** stattfindet, mit dem vergleichen, der bei dem Schnarr- oder Strohbass in der Stimmritze vorgeht, wo, wie wir früher gezeigt haben, die Luft sich eben so in kleinen Partikeln oder Sektionen durch die Stimmbänder drängt, wie beim **R** durch die zwischen dem weichen Gaumen und der Zunge bewirkte Schallritze. Was hier im menschlichen Respirationsorgane vorgeht, geschieht in ganz ähnlicher Weise beim Schnurren, Knurren, Schnarren am Respirationsorgane der Katzen, Hunde, mancher Vögel u. s. w.; ebenso beim Knarren einer in schlecht geschmierter Angel gehenden Thüre; was ferner hier und in unzähligen andern natürlichen

Vorgängen im Materiellen stattfindet, das ereignet sich in ähnlicher Weise im Geistigen, beim *Irren, Verwirren,* bei *Narren,* die einen *Sparren* zu viel haben u. s. w.

Ng, n̂, N-palatinum s. gutturale.

Wieder ein Sprachlaut, für den die meisten Sprachen kein besonderes Zeichen haben, obgleich er von Natur wegen eins haben sollte. Für unsern Zweck schlage ich das Zeichen n̂ vor. Nur das Sanskrit besitzt unter den mir bis jetzt bekannt gewordenen Sprachen ein bestimmtes Zeichen dafür, ङ. Die übrigen Sprachen haben für alle **N**-Arten nur Ein Zeichen. Durch dies Zeichen soll im Allgemeinen ein Sprachlaut bezeichnet werden, gebildet dadurch, dass durch die irgendwie nach oben oder hinten bewegte Zunge, wobei nach Umständen der weiche Gaumen derselben entgegenkommt, der Mundkanal abgeschlossen wird, und die ganze Luft durch die Nasenkanäle zu streichen genöthigt ist. Diese Absperrung oder vielmehr Zuschiebung des Mundkanals mittels der Zunge war bei den alten Indiern eine vierfache, für jeden solchen Mechanismus erhielten sie einen besondern **N**-Laut, und setzten dafür ein besonderes Zeichen. Die späteren Völker, allenfalls die slavischen ausgenommen, haben sich, ebenso wie beim **R**-Laute, auf zwei Species oder Bildungsweisen beschränkt, die wir durch **N** palatinum s. gutturale und **N** linguale bezeichnen wollen. Das erstere entspricht dem sanskritanischen **N**ga oder **N** gutturale, ङ, das letztere dem **N**a (dentale) न. Zwischen diesen beiden hat das Sanskrit noch ein **N** palatale ञ, und ein **N** linguale ण; und nach Kudelka (S. 18 u. 36) die polnische Sprache ihr **ń**, das mit unserem mouillirten **n** (s. später) zusammenfällt, von Kudelka auf den 3. seiner „Schauplätze", zwischen **ń** und **ng** verwiesen wird; endlich vermag Kudelka noch ein **N** zwischen der Mitte des Gaumens und der Rachenenge, da wo sich die Zunge zusammenballt (4. Schauplatz), zu bilden, lässt aber den Leser darüber gänzlich im Unklaren. Wir sprechen hier zunächst von dem ersten, dem im hintersten Theile des Ansatzrohr gebildeten **N**, wollen aber dabei das sanskritanische ञ wenigstens kurz berühren, da es mehr unserem **N** palat. verwandt ist, als dem linguale oder dentale.

Das **N** gutturale wird folgenderwegen gebildet.

1) Der gesammte weiche Gaumen senkt sich oder fällt gleichsam herab und etwas vorwärts: seine Muskeln befinden sich offenbar im Zustande grösster Erschlaffung oder Ruhe. Also keine Verkürzung des Zäpfchens, keine Verengung des Isthmus findet statt. Die Pfeiler des letztern sind also weit stärker geneigt, und stehen weiter auseinander, als bei den bisherigen Sprachlauten. Nur durch einige Verkürzung des M. glossopalatinus wird der Gaumenvorhang gegen die Zunge gezogen und dann durch den Druck der Luftsäule an dieselbe festgehalten.

2) Die Zunge hebt sich nämlich mit ihrem Hintertheile etwas, und zwar so viel, dass von ihr die ganze Wand des weichen Gaumens bis etwa zur Mitte des Zäpfchens bedeckt und der Durchtritt der Luft durch den Isthmus

oris vollständig abgesperrt wird. Die Anhaftung der Zunge am weichen Gaumen ist jedoch nicht vollständig, nur der Limbus des Isthmus und die Uvula haften fest an. Der übrige Theil der Zunge verhält sich ruhig und indifferent, und behält dieselbe Lage und Form, wie bei der Bildung des **A**.

3) Dabei wird weder das Zungenbein, noch der Kehlkopf aus seiner anfänglichen tiefen Lage (wie bei **A**) bewegt. Die Glottis ist nicht sehr erweitert, die Stimmfortsätze fest geschlossen, die Stimmbänder vibriren und tönen mit einem gewissen Nachdruck.

4) Der Mund kann weit oder wenig geöffnet sein, ohne dass das Wesen des Sprachlautes beeinträchtigt wird. Doch ist eine weitere Mundöffnung zur Deutlichkeit besser, als eine engere. Die beiderseitigen Zahnreihen stehen mässig, wie Valentin sagt, von einander ab.

5) Die durch die Glottis hervorströmende, tönende Luft nimmt durchaus ihren Weg durch den Isthmus faucium hindurch, und gelangt sodann hinter dem Gaumensegel durch die Choanae narium in die Nasenkanäle, auf welchem Wege der Kehlkopfton sein artikulatorisches Timbre erhält, das sich nicht weiter beschreiben lässt. Zum Theil hängt dieses Timbre davon ab, dass die an die Zunge nicht fest anhaftenden (obern und äussern) Theile des hintern Gaumenbogens und durch diesen auch die Mundhöhlenluft durch die tönende Luftsäule zum Mitschwingen und Mittönen veranlasst werden.

Von diesem **N** gutturale unterschieden ist das Palatale, das ञ des Sanskrit. Zur Bildung dieses Lautes, wird 1) die Zunge stärker gehoben und mehr gewölbt, so dass der weiche Gaumen höher hinauf von der Zungenfläche überdeckt wird, und vom hintern Gaumenbogen und dem Zäpfchen nichts mehr zu sehen ist. Die Zunge haftet hier ziemlich gleichmässig an der ganzen Gaumendecke, jedoch weniger fest, als beim vorigen Mechanismus. 2) Die Glottis ist weniger fest geschlossen, es entweicht daher eine grössere Masse Luft auf einmal, aber weniger gespannt, durch den Kehlkopf: die Mitschwingungen des Velum fallen weg; dafür wird der gesammte Exspirationsapparat stärker intendirt, und die Luftsäule mit stärkerem Impulse oder Hauche ausgetrieben, weshalb auch die Nasenlöcher sich bei diesem **N** mehr erweitern, als beim vorigen. Die Mundöffnung ist dagegen gewöhnlich kleiner, als beim **N** gutturale. Das Timbre des entstehenden Lautes erinnert an das Brummen und Schnauben: er klingt voller, ist aber weniger deutlich markirt, als der des gutturalen **N**. Ob Kudelka's **n**[4] mit diesem palatalen **N** übereinstimmt, weiss ich nicht.

Vergleichen wir diese beiden **N**-Mechanismen mit den des **Ch**, so finden wir sehr bald eine auffallende Aehnlichkeit zwischen **N** gutturale mit dem 1. oder gutturalen **Ch**, und eben so zwischen **N** palat. und dem 2. oder mittleren **Ch**. Beiderlei Sprachlaute werden genau bei derselben gegenseitigen Stellung der Organe gebildet, nur ist beim **Ch** der Schluss des Mundkanals unvollkommen, bei **N** vollkommen, beim **Ch** steht der weiche Gaumen höher, bei **N** tiefer.

In den lebenden Sprachen wird zwischen den beiden oben erwähnten Varietäten des **N** kein rationeller Unterschied gemacht. Was Kempelen (a. a. O. §. 174) als erste und dritte Abweichung vom gewöhnlichen **N** anführt, scheint zwar unsern beiden Gaumen-**N N** zu entsprechen, und zwar so, dass jene 3. Abweichung oder Varietät mit unserem **N** gutturale, die

1. dagegen mit unserem **N** palatinum übereinkommt, allein die von Kempelen selbst gegebenen Distinktionen sind zu unklar, als dass wir genauer darauf eingehen könnten. Seine Beispiele entlehnte Kempelen fast lediglich aus der französischen Sprache: indessen finde ich nicht, dass neuere französische Orthoëpisten auf Kempelen's Ideen eingegangen wären.

Das Wahre an der Sache ist, dass die europäischen Völker in ihren Sprachen nicht für nöthig befunden haben, die bereits von den Völkern des Sanskrit gemachte und physiologisch allerdings sehr wohl begründete Differenz jener beiden **NN** zu sprachlichem Zwecke hervortreten zu lassen. Auch finde ich nicht, dass je nach der Verschiedenheit des vorhergehenden Vokales das nachfolgende **N** in dieser oder jener Form auftreten müsse. Es hängt ganz vom Belieben des Sprechers ab, ob er in den Worten *Angel, Engel, enlever, ainsi* das **N** gutturale oder palatale hören lassen will. Doch kommt es mir vor, als ob nach **e** und **ä** das Sprachorgan mehr zur Bildung des **N** gutturale, nach **a**, **i**, **o**, **u** mehr zur Bildung des **N** palatale geneigt sei. Noch mehr Einfluss auf Erzeugung der einen oder andern Varietät hat der nachfolgende Sprachlaut. Ist es einer, bei dessen Mechanismus die Zunge gegen den Gaumen gehoben werden muss, so erscheint die zweite, ist es einer, wo die Zunge liegen bleibt, so bildet sich die erste Varietät. Z. B. in *En-gel, Schlan-ge, Ang-uis, em-baller* u. dgl. erscheint das **n** gutturale, in *enlever, Bank, intime, enrager* (mit **r** linguale) u. dgl. das **n** palatale.

Wir wollen jetzt von dieser feinen, in den lebenden Sprachen nicht mehr berücksichtigten Distinktion des **N** gutturale und palatale absehen, und beide Varietäten wieder als Einen Sprachlaut, unter dem Namen **N** palatinum, betrachten.

Das erste Auffallende, was die gebildeten lebenden Sprachen in Bezug auf diesen Sprachlaut darbieten, ist, dass er niemals ein Wort anlautet. Auch in den von mir deshalb eingesehenen, sanskritanischen Wurzelverzeichnissen habe ich kein mit ङ anfangendes Wort finden können. Gleichwohl ist es recht gut möglich, ein solches Wort zu bilden. Das einzige mir bekannte Beispiel, wo wenigstens ein Analogon an einen Gaumen-**N**-Anlaut vermuthet werden kann, ist das Lateinische *Gnatus* (statt *natus*), wo jedoch wahrscheinlich das **N** palat. nicht ohne einen kurzen G-dur-Anlaut pronuncirt zu werden pflegte.

2) Jeder einfache Vokal kann dem **N** palat. vorangehen, schwieriger fällt dagegen die Verbindung der Diphthonge mit diesem **N**, so wie es auch dem Sprachorgan zuwider ist, den vorstehenden Vokal anders, als kurz zu intoniren. Doch giebt es einen Personennamen *Heink*.

3) Es ist keine physiologische Nothwendigkeit vorhanden, nach gewissen Vokalen oder vor gewissen, die nächste Silbe anlautenden Konsonanten das Gaumen-**N** hören zu lassen. So sprechen wir *angenehm* mit dem Zungen-**N**, können es aber recht gut auch mit dem Gaumen-**N** pronunciren. Wenn dagegen ein **ch**, **g** dur oder **k** die Silbe, in der das **N** vorkommt, schliesst, so sind die Sprachorgane allemal eher zur Bildung des **N** palat., als zu der des **N** linguale geneigt. Z. B. *Dank, Sankt, lang* u. s. w. Gewöhnlich wird auch, wenn das **g** dur oder **k** die nächste Silbe anfängt, dem **N** palat. der

Vorzug gegeben, z. B. *Un–garn*, *den–ken:* dass in *angenehm*, *anklopfen* u. s. w. das **N** lingual klingt, hat nur einen etymologischen Grund.

Also verbindet sich das **N** gutturale am liebsten mit den Konsonanten, deren Mechanismus dem Seinigen am ähnlichsten ist, am liebsten mit dem **G** dur. Ueber diese Verbindung ist noch Folgendes zu bemerken. Die Kombination **Gn** oder **ng** ist nicht etwa eine Sukcession der vollständigen Mechanismen beider Sprachlaute, sondern nur eine partielle. Bei **Gn** wird die Zunge an den Gaumen gedrückt, so viel wie für das **G** dur erforderlich ist, d. h. ein Stück weiter nach der Mitte des Gaumengewölbes zu, als beim **N** palat. Im nächsten Momente löst sich die Zunge so viel vom Gaumen ab, als nöthig ist, damit vom **G**-Mechanismus der N-Mechanismus übrig bleibe, und gleichzeitig tritt das Tönen der Stimmbänder ein. Bei **Ng** ist die Sache umgekehrt: hier wird zum N-Mechanismus so viel hinzugefügt, damit der **G**-Mechanismus vervollständigt werde, während gleichzeitig die Stimmbändervibrationen verstummen. Da nun die Indifferenzlage der Zunge vollständige Hebung derselben gegen das Gaumengewölbe ist, so muss, wenn das **N** palat. ein Wort schliesst, die Zunge aus dem N-Mechanismus vorübergehend und annähernd erst den **G**-Mechanismus passiren, bevor sie zur Ruhe kommt. Dies hat mit zu dem (sub. 4) gerügten, unlängst noch von Angermann (S. 22) begangenen Irrthum Anlass gegeben, als bestehe das **Ng** aus zwei Lauten, **N** und **G**. — **Gn** kann man auch so aussprechen, dass beide Mechanismen vollständig zur Entwickelung kommen: dann aber muss entweder ein kurzes **e** eingeschoben, oder das **G** in **K** umgewandelt werden.

4) Die gewöhnliche Schreibart **Ng** für das Gaumen-**N** ist also falsch, und ist nur durch einen Irrthum entstanden, den man allerdings bei der Schreibweise von Worten, wie *Engel*, *Schlange*, *Angel*, *anguis* u. s. w. begangen hat. Es ist hier eine Eigenschaft des Gaumen-**N** zu erwähnen, die diesem Konsonanten nebst **ch** ausschliesslich zukommt. Wenn nämlich auf das **N** pal. ein Vokal folgt, was, wie wir erwähnt haben, nicht anders zu geschehen pflegt, als nachdem ihm erst ein Vokal vorhergegangen ist, also in einem zweisilbigen Worte, dergleichen die eben angeführten sind, so gehört dieser Sprachlaut sowohl der ersten, als auch der zweiten Silbe an: er schliesst die erste und beginnt die zweite Silbe, kommt also in diesem Falle nur als Doppelkonsonant vor. Um nun diese Verdoppelung auszudrücken, und zwar so, dass keine Verwechselung mit dem doppelten Zungen-**N** entstehen möchte, half man sich damit, dass man für solche Fälle das Gaumen-**N** mit **Ng** bezeichnete, und theilte dann solche Worte so ab: *En–gel*, *Schlan–ge* u. s. w. Dieses Verfahren trug mit zur Entstehung des Irrthums bei, als seien wirklich beide geschriebene Laute in der Wirklichkeit vorhanden, so wie zu dem noch grössern Fehler, auch den einfachen Gaumen-**N**-Laut schriftlich durch **Ng** zu bezeichnen, obgleich man von dem Irrigen dieser Gewohnheit sich sehr leicht durch Worte, wie *Dank*, *ink* u. s. w. überführen konnte. Hierbei wirkten allerdings auch die in No. 3 angegebenen Ursachen, so wie verkehrte Ansichten über das Wesen des **G**-Lauts mit, wie wir im folgenden Abschnitt sehen werden.

5) Auch die von Anderen vorgeschlagene Schreibart ñ ist nicht richtig: das spanische **N** *con tilde* ist das sogenannte mouillirte **N** linguale, **Nj**, was dem französischen **ll** analog ist.

Als Naturlaut giebt das **N** palat. einen Ausdruck für das Klingende, Resonirende, wie aus den nachahmenden Ausdrücken: *Tengtereng* (Zeichen für den Trompetenschall), *Pank* (für den Glockenton), *Klang, song* (englischer und französischer Ausdruck für Laut) u. a. m. hervorgeht. Das **N** palatinum ist derjenige Sprachlaut, bei welchem vorzugsweise die resonirenden Partien des Ansatzrohrs benutzt werden, welcher überhaupt am meisten klingt, während die reinen Vokale mehr schallen, tönen. In der Gefühlssprache wird das **N** palat. mehr den innerlichen Wiederklang des auf das Gemüth Einwirkenden, die Vokale mehr den freien Erguss desselben ausdrücken. In der Sprache leicht beweglicher Gefühlsmenschen wird daher dieser Laut öfter vorkommen, als in der der Verstandesmenschen, weshalb er in keiner Sprache so oft angewandt wird, als in der französischen.

Fehlerhaft und widerwärtig klingt das Gaumen-**N**, wenn der stabile Theil des Ansatzrohrs nicht allenthalben leer und wegsam ist, wenn also die Resonanz unvollkommen, durch Stopfung verringert ist. Ist der Nasenkanal beiderseits völlig verschlossen, so wird **K** statt **Ng** gebildet. Ebenso geht in gleichem Falle **n** in **t**, und **m** in **p** über.

G dur (um.) K.

Auch über diesen Konsonanten, denn das **K** ist seinem Mechanismus nach wesentlich nicht vom **G** dur verschieden, ist viel Irriges und Konfuses von den Schriftgelehrten, besonders von Bindseil, zu Tage gefördert worden; Dinge (oder Naturlaute), die zusammengehören, sind getrennt, verschiedenartige dagegen vereinigt worden und dergleichen mehr.

Das harte **G** ist die erste Litera explosiva in unserer Reihe. Die Explosivlaute unterscheiden sich von den Literae continuae auf eine sehr bestimmte Art dadurch, dass es eigentlich gar keine Laute sind, sondern eben vollständige Unterbrechungen oder Negationen des Sprachlautes, indem ihr Mechanismus in einer vollständigen Verschliessung sowohl beider Schenkel des Ansatzrohrs an bestimmten Stellen, als auch nach Umständen der Glottis besteht, bei deren mehr oder weniger beschleunigten und geschärften Aufhebung die Luft mit einem Geräusche in den plötzlich gebildeten leeren Raum stürzt. Auf jeder der drei Artikulationsstellen erhalten wir einen in zwei Härtegraden zu bildenden Explosivlaut, also einen hintern **GK**, einen mittlern **DT**, und einen vordern **BP**. Alle drei werden von der Indifferenzlage der Artikulationsorgane aus gebildet, oder vielmehr: der zu ihrer Bildung erforderliche Mechanismus ist seiner Oertlichkeit nach nicht weit von der Indifferenzlage entfernt. Jeder Explosivlaut kann einfach (weich), oder adspirirt, mit nachfolgendem Luftstoss (hart) erzeugt werden. Auf dem 2. Moment der Artikulation wird beim 1. Härtegrad der Kehlkopf, aber nicht nothwendig die Nasenhöhle geschlossen. Die Hebräer unterscheiden die harten Explosivzeichen von den weichen durch einen eingesetzten Punkt (Dagesch lene).

Der Mechanismus des harten **G** ist folgender.

1) Das Gaumensegel hat so ziemlich dieselbe Lage, wie bei Pronunciation der Vokale. Es geschieht keine besondere Bewegung an demselben, auch der Ausgang der Luft durch die Nasenkanäle wird durch das Gaumensegel nicht vollständig abgesperrt.

2) Dagegen wird die Stimmritze des Kehlkopfs, wie bald noch genauer bewiesen werden soll, vollständig geschlossen. Dieses bisher noch nicht dagewesene, auch noch von keinem Physiologen vermuthete, geschweige denn ausdrücklich dargelegte artikulatorische Motiv ist ein wesentliches Element der nicht adspirirten Literae explosivae, und auch sonst von grosser Bedeutung. Beim **G** dur dauert dieser Glottisschluss, wofern dasselbe den Schluss eines Wortes bildet, noch während des 4. Momentes fort, beim **K** wird statt der Glottis der Nasenkanal abgesperrt. Der Beweis dafür wird weiter unten geliefert werden.

3) Die Zunge hebt sich sammt ihrer ganzen Basis und dem Kehlkopfe einige Linien hoch, sie verkürzt sich der Länge nach, ohne sich dabei nach hinten zurück zu ziehen, wird dafür breiter und erhabener, und gelangt auf diese Weise bis an den Theil oder die Zone des Gaumengewölbes, welche vom Horizontaltheile des **Os** palatinum gebildet wird. Hier drückt sich die aufgestiegene Zunge fest an, und füllt dabei alle etwa noch vorhandenen Zwischenräume oder Ritzen zwischen sich und dem Zungen-Gaumenbogen aus. Der Schlundgaumenbogen dagegen bleibt ein Stück hinter der Zunge zurück.

4) Ist der Abschluss des Mundkanals und des Nasenkanals vollständig, und die Zungenmuskeln auf den zur Bildung des **G** oder **K** erforderlichen Grad des Druckes gegen den Gaumen gebracht, was das Werk eines sehr kleinen Zeitraums ist, so wird, wenn **G** dur producirt werden soll, dieser ganze Mechanismus nach bewirktem Druck wieder aufgehoben, die Zunge und der weiche Gaumen in die Lage und Form gebracht, welche sie nach der Produktion des gedachten Sprachzeichens haben sollen, also gesenkt, wenn ein **A**, **O** oder **U**, und nur wenig verrückt, wenn **E** oder **I** folgen soll. Gleichzeitig öffnet sich die Glottis, wenn ein Vokal folgen soll, auf die gewöhnliche Weise, und die Luftausströmung folgt ohne Aufenthalt und ohne besondere Verstärkung des exspirativen Druckes. Wenn aber das **G** den Schluss eines Wortes bildet, so dauert, wie schon erwähnt, der Glottisschluss während des Loslassens der Zunge vom Gaumen noch fort, und erst nachdem die Theile zur Ruhe gekommen sind, öffnet sich die Glottis ad libitum, und macht endlich die zurückgehaltene Luft frei. — Während des Loslassens der Zunge fällt natürlich auch das Zungenbein und der Kehlkopf wieder herab.

Den ganzen Vorgang der **G** dur-Bildung können wir demnach in vier Stadien oder Momente theilen. Im ersten wird der Kehlkopf und der Mundkanal geschlossen: die Organe also, welche hierzu bestimmt sind, bewegen sich bis zu diesem Schluss. Im zweiten ist der Schluss fertig und dauert so lange, bis im dritten Momente die Organe wieder zurückgehen; was bisher geschlossen war, öffnet sich wieder, und zwar der Mundkanal unter allen Umständen, der Kehlkopf aber nur, wenn ein anderer Sprachlaut unmittelbar angelautet wird. Schliesst dagegen das **G** das Wort, so öffnet sich der Kehlkopf erst, nachdem das dritte Moment vorüber ist; die Kehlkopföffnung stellt dann das vierte Moment dar. Sofort nach geöffneter Stimmritze strömt die bis dahin (während des zweiten Moments) zurückgehaltene Luft wieder hervor, um nach Umständen ohne Aufenthalt den auf das **G** folgenden Vokal zu intoniren.

Der Mechanismus des **K** weicht in Folgendem von dem eben Erwähnten ab:

a. Der Kehlkopfschluss auf dem ersten Moment unterbleibt, die Glottis

steht so weit offen, wie zur Bildung des **H**; dafür wird der Nasenkanal abgesperrt, während sich die Hebe- und Druckmuskeln der Zunge ebenso, wie beim **G** dur, nur mit grösserer Energie, zusammenziehen, um den Mundkanal an der gedachten Stelle abzusperren. Die ganze exspirative Luftsäule wird durch kräftige Kontraktion der hierzu bestimmten Muskeln unter einen grössern, nach aufwärts gerichteten Druck gestellt.

b. Im dritten Moment wird bei zunehmender Kontraktion der Exspirationsmuskeln die Absperrung des Mundkanals plötzlich aufgehoben, und dabei der ausströmenden Luftsäule ein kurzer, kräftiger Stoss ertheilt. Dadurch entsteht die sogenannte Adspiration, oder die gehauchte, gestossene Exspiration, welche, wenn das **K** die Silbe bei vorausgehendem Vokal abschliesst, eine tonlose ist. Wenn dagegen dem **K** in der Silbe ein Vokal folgt, so ist der Mechanismus im dritten Moment folgender. Der Zwerchfellrahmen wird seitlich einwärts gezogen und die Vorderwand (Mittelzone) des Epi- und Mesogastriums gespannt und gewölbt, dadurch die Organe der Artikulation rasch von einander entfernt, und gleichzeitig die Mundhöhlenluft ausgestossen; sofort folgt aber im vierten Moment die Adspiration oder der Mechanismus des **H**, wobei der Unterleib sich senkt, die Bauchmuskeln sich kontrahiren, der Zwerchfellrahmen sich dilatirt, und die epigastrische Furche, so wie die zwischen Epi- und Mesogastrium sich bildende vertiefte Linie merklicher hervortritt und das Zwerchfell aufwärts steigt. Die Luftsäule erhält dadurch einen neuen Stoss, der oft die Oberlippe in Vibrationen versetzt. Folgen beide Momente, wie gewöhnlich, einander sehr schnell, so erscheint oft auf dem dritten das bekannte Aufhüpfen des Epigastriums. Nach diesem Akt schliesst sich die Glottis, um behufs des geforderten Vokals in tönende Schwingungen zu gerathen.

Das **K** ist also, wie schon J. Müller richtig erwähnt hat, nichts, als ein adspirirtes, d. h. bei offener Glottis erzeugtes **G** dur, und könnte, wenn wir das **G**-Zeichen dafür beibehalten wollen, **Gh** geschrieben werden. Uebrigens vermag ausser diesen beiden Formen des Palatalexplosivlautes das Stimmorgan auf der hierzu erforderlichen Lage und Disposition keine ferneren speciell charakterisirten Sprachlaute zu erzeugen. Alle die Varietäten des **G** und **K**, welche Bindseil u. a. aufführen, beruhen entweder auf falschen Anschauungen und naturwidriger Ueberschätzung historischer Denkmale, oder es sind unwesentliche Modifikationen der einen oder andern von uns beschriebenen Species.

Ich kann durchaus nicht mit Bindseil und Andern übereinstimmen, welche die Adspiration als etwas betrachten, was sowohl zum Mechanismus des **G**, als auch zu dem des **K** treten könne, welche also als charakteristischer Unterschied des **G** vom **K** lediglich den verschiedenen Grad des Druckes der Zunge gegen den Gaumen gelten lassen. Allerdings ist nach Bopp die Sanskrit-Sprache auf diese Art verfahren: sie hat ihr **ga** und **gha**, und dabei auch **ka** und **kha**. Allein auf diese Art gelangt man zu gar keinem befriedigenden Unterschied zwischen diesen Sprachlauten. Die Abstufungen von gelind zu stark sind so zahlreich, so in die Willkühr des Individuums gegeben, dass man nicht weiss, wo das Gelinde aufhören und das Starke beginnen soll. Wird z. B. in *Gott* das **G** mit einem gelinden oder starken Zungendrucke pronuncirt? Ich denke, man kann dieses **G** nach Belieben und Umständen, je nachdem man leise oder stark spricht, je nachdem man wenig oder viel Nerventhätigkeit auf den Akt des Sprechens verwendet,

schwach oder stark produciren, ohne dass es deshalb in dem einen oder dem andern Falle aufhörte, **G** zu sein, sobald man nur den Kehlkopf beim vierten Moment nicht mit einem aktiven Exspirationsstosse, sondern auf die gewöhnliche, für jeden reinen, ein Wort anlautenden Vokal erforderliche Weise öffnet. Und umgekehrt giebt es genug Individuen, die, wenn sie z. B. *Kampf* oder *König* aussprechen wollen, mit ihrer Zunge drücken und pressen mögen wie sie wollen: es klingt doch allemal *Gampf, Gönig*, weil sie den zum **K** nöthigen adspirativen Exspirationsdruck zu geben unterlassen.

Aus dem Umstande, dass beim Pronunciren der Literae explosivae nicht der mindeste Luftzug durch die Nasengänge stattfindet, so wie aus direkten Versuchen schlossen Schulthess (S. 18), Bindseil (S. 337), Kudelka (S. 17 bis 22: seine Versuche vermögen mir nicht das zu beweisen, was sie K. beweisen gesollt haben), dass bei diesen Sprachlauten die Choanae narium durch Aufheben des weichen Gaumens verschlossen würden. Auch ich war früher dieser Ansicht. Folgende Beobachtungen haben mich aber auf die andere, oben ausgesprochene Ansicht gebracht.

Bei der Bildung des einfachen **G** ohne nachfolgenden Vokal geht die Zunge, nachdem sie das Ihrige geleistet, zurück, wobei auch der weiche Gaumen, wie man mit Augen sehen kann, in einer mittlern Lage hängen bleibt, ohne dass gleichzeitig die zurückgehaltene Luft schon zum Ausströmen käme. Vielmehr geschieht dies erst im nächsten, also im vierten Moment der **G**-Bildung, nachdem die Zunge bereits ihre frühere Lage wieder eingenommen hat. Das Gaumensegel kommt bei **G** dur dem Zungenhintertheil entgegen, entfernt sich also etwas von der Hinterwand des Fangrohrs, während es, sobald man einen Vokal (**A**) folgen lässt, sofort sich hinterwärts bewegt. Bei mehrfacher Wiederholung der Silbe **Ga** lässt sich dieser Unterschied deutlich beobachten. Demnach ist der Nasenkanal hier nicht abgesperrt.

Gleichwohl entweicht kein Atom Luft durch die Nasenhöhle, es muss also die Absperrung an einem andern Orte stattfinden: es bleibt aber kein anderer übrig, als der Kehlkopf.

Man kann ferner, wenn man das zweite Moment eine Zeitlang forthält, die Luft durch die Nase entweichen lassen; dabei spürt man im Artikulationsmechanismus keine Aenderung, wohl aber in der Kehlkopfgegend: die Oberfläche des kleinen Kehldreiecks zieht sich ein wenig ein, der Kehlkopf rückt auch etwas herab, und die obere Halsgrube vertieft sich gleichfalls etwas: alles Zeichen dafür, dass der Kehlkopf anfangs geschlossen war, sodann geöffnet wurde.

Während des zweiten Moments des **G**-Mechanismus, steht der Kehlkopf hoch, wie die Zunge; das kleine Kehldreieck ist gewölbt, auch die obere Halsgrube ist weniger vertieft. Bei der Silbe **Ga** bleibt das kleine Kehldreieck ziemlich unverändert; es erhält beim Einsatz des **a** einen kleinen Ruck nach vorn und unten, ohne dass sich auf dessen Fläche viel änderte (fürs Gesicht noch weniger, als fürs Gefühl); bei **Ka** dagegen zieht sich im dritten Moment die Fläche des kleinen Kehldreiecks deutlich ein, um im vierten Moment, wo die Tonbildung einsetzt, wieder sich zu wölben und dabei etwas vorzutreten.

Pronuncire ich **De** oder **Be** flüsternd, mit stummem **e**, so folgt nach letzterem ein kleiner Klapp in der Gegend des Kehlkopfs mit Entweichung des Exspirationsstroms; offenbar öffnet sich dabei die bisher geschlossene Glottis, während auf dem stummen **e** bloss die Mundhöhlenluft entwich, was auch daraus hervorgeht, dass während dieses Moments der Kehlkopf ein grosses Stück gehoben wird und die Mundhöhle sich verengt (die Backen und die obere Halsgrube eingezogen werden). Unterlässt man jenen Klapp zu geben, und wiederholt man das stumme **De** oder **Be** mehrmals, so kann man leicht erkennen, dass man dabei gar nicht exspirirt, sondern nur jedesmal einen Theil der Mundhöhlenluft ausstösst, der im nächsten Moment durch eine kurze Adspiration (Saugung), wobei der Kehlkopf wieder fällt und die Backen u. s. w. sich etwas wölben, wieder ersetzt wird, wie sich auch durch eine vorgehaltene Flaumfeder deutlich nachweisen lässt. Pronuncire ich dagegen **Ke**, **Te** oder **Pe** flüsternd und mehrmals wiederholt, so geht dadurch allmälig

der Athem aus und der Kehlkopf steigt nach jeder Wiederholung ein Stück in die Höhe.

Aus diesen Beobachtungen, die jeder ohne Schwierigkeit wiederholen kann, geht unzweifelhaft hervor, dass bei der **G**-Bildung nicht die Choanae, sondern die Stimmritze selbst geschlossen wird, bei der **K**-Bildung dagegen erstere geschlossen werden, während letztere offen bleibt. Was aber für **G K** gilt, das wird wohl auch für **D T** und **B P** gelten.

Einen Unterschied im Mechanismus des **G** und **K** macht der Umstand, ob ihm **A**, **O**, **U**, oder **E**, **I** nachfolgt. Im erstern Falle ist nur der hintere Theil der Zunge gehoben, der mittlere und vordere gesenkt, weil er bei der Bildung jener Vokale auch tief zu liegen kommt. Im 2. Falle dagegen wirkt der nachfolgende Vokal vorausbestimmend auf die Lage des mittlern und vordern Theils der Zunge; diese Theile heben sich daher schon beim **G** und **K** soweit, wie es für diese Vokale erfordert wird.

Kudelka, der den Grund für hart und schwach (weich) bei den Stosslauten auch nur in verschiedenen Graden, nicht Mechanismen der Luftgebung sucht, weiss mit dem „Nachhall", der unter Umständen dem Oeffnungsprozess der Mundhöhle [dem 3. Momente] nachfolgt, nicht anders fertig zu werden, als dass er ihn als eine „Unreinheit" dieser Sprachlaute verketzert, deren sie sich womöglich entledigen müssten. Die mit diesem Nachhalle behafteten Stosslaute nennt er auch *Mundhöhlenstosslaute*, weil jener zum Munde heraus entweicht; die von dem Nachhalle freien oder „gereinigten" Stosslaute [wenn nämlich ihnen ihr verwandter Nasenlaut nachfolgt] nennt er *Nasenstosslaute*, weil bei ihnen die Luft [im 3. Momente] durch die Nase ohne Nachhall (der offenbar unserer Adspiration entspricht) entweicht. Sonderbarer Weise bezeichnet er erstere mit dem Zeichen des weichen, letztere mit dem des harten Lautes. — Ausserdem unterscheidet Kudelka nach seinen verschiedenen „Schauplätzen" 3 Varietäten des **D T**, die auf den 2., 3 und 4. Schauplatz zu stehen kommen, während **B P** mit dem 1., **G K** mit dem 5. Schauplatz sich begnügen muss. Das Speciellere mag, wem es beliebt, selbst nachlesen S. 17—22, 32—37, 41 u. s. w.

Auch Angermann kennt die Adspiration als hartmachendes Element nicht. S. 28.

Das **K** lässt sich, ebenso wie **T** und **P**, in eine Litera continua verwandeln, wenn der Vorgang der Adspiration, oder des plötzlichen, mit einem raschen Luftstoss begleiteten Oeffnen des Mundkanals zu einem allmäligen gemacht wird. Dabei reisst also die dem Gaumen angedrückte Zunge nicht mit einem Male vom Gaumen ab, sondern es stellt sich sofort nach bewirktem Schlusse des Nasen- und des Mundkanals die Oeffnung des letztern nur unvollkommen wieder her; zwischen dem Gaumen und der Zunge bildet sich eine ziemlich enge Schallritze, durch welche die Luft nur mit einiger Mühe und mit einem Geräusche entweicht. So entsteht das **Ch**, und zwar diejenige Modifikation desselben, welche wir oben als No. 3. beschrieben haben. S. 838. Die Dauer des **Ch** oder **Kh** (was also durchaus nicht mit dem sanskritanischen **Kh**, ख, zu verwechseln ist), ist daher etwas länger, als die des reinen **K**. — Ueber das sogenannte mouillirte **K** wollen wir weiter unten, bei der Physiologie der mouillirten Sprachlaute, sprechen.

Ueber die schriftlichen Zeichen, welche von den Völkern bisher für die erwähnten Sprachlaute eingeführt worden sind, haben wir abermals nicht viel Erbauliches zu berichten. Das Sanskrit ist, trotz des oben von mir erhobenen Einwandes, immer noch am konsequentesten verfahren: allerdings hatte es ein leichteres Spiel, als wir lebenden Völker, weil es die Laute **Ch** und **G** moll, die uns so viel zu schaffen machen, gar nicht gebrauchte. Die hebräische Sprache hat ihr *Gimel* ג, *Caph* כ und *Koph* ק, von denen wahr-

scheinlich das erstere in der Regel wie unser **G** dur, das *Caph* wie **Ch** 3., und das *Koph* wie **K** gelautet hat. Indessen ist offenbar das *Gimel* auch oft wie **G** moll ausgesprochen worden. Die Griechen gebrauchten ihr Γ ebenfalls bald hart, bald weich, und machten also auch keinen strengen Unterschied zwischen Γ und X. Diese Nachlässigkeit hat sich nun auf die spätern Sprachen, wohl keine ausgenommen, fortgepflanzt. Am schlimmsten trieben es die Römer. Sie setzten zwar anfangs an die Stelle des griechischen K ihr **C** (was das umgekehrte hebräische כ zu sein scheint), und machten daraus durch Einsetzung eines Punktes (C) den weichen **K**-Laut daraus, dessen Zeichen allmälig in das **G** übergebildet wurde: allein weil sie für das griechische Z und X besondere Zeichen einzuführen für überflüssig fanden, fügten sie die Funktion des erstern dem **C**, und die des Letzteren (zum Theil wenigstens) dem **G** bei, und geriethen dadurch in die Verwirrung, welche in den spätern, gegenwärtig noch bestehenden Sprachen, bis heutzutage fordauert. Für das **C** waren bald bestimmte Regeln gefunden, je nachdem es wie **K** oder wie **Z** lauten sollte, aber auch bei dem **Z**-Laut blieb es nicht, sondern es wurden nun noch eine Menge neue Laute (*S*, *dsch* u. a. m.) hinzugefügt. Auch das **G** musste bald als schriftlicher Ausdruck mehrere andere Laute repräsentiren. Alle diese und unzählige andere Inkonvenienzen, welche gegenwärtig das Sprachstudium so sehr erschweren, würden sehr leicht vermieden worden sein, wenn man die Naturgesetze höher, als die menschlichen Satzungen geachtet, und jedesmal die Sprachlaute so geschrieben hätte, dass eine Verwechselung nicht hätte eintreten können. Es unterliegt keinem Zweifel, dass sich viele dialektische Abweichungen erst in Folge solcher schriftlicher Unsicherheiten gebildet haben. Hätten wir z. B. von Alters her ein bestimmtes Zeichen für **G** dur, und eins dergleichen für **G** moll und für **Ch** gehabt, so würde es zuverlässig jetzt keinem Deutschen mehr einfallen, Worte wie *geben, Gott,* mit **g** moll anzulauten, kein deutschlernender Ausländer würde *ich* wie *ick* aussprechen u. s. w.

Bevor wir aber über die Rechtschreibung dieser Sprachlaute bestimmte, der Natur entnommene Regeln aufstellen können, müssen wir erst die Physiologie des **G** moll und **Jot** kennen gelernt haben, was im nächsten Abschnitt geschehen soll.

Die assimilirende Verwandtschaft des **G** und **K** bezieht sich zunächst auf das **Ch** b) und c), in welches **K** oft, besonders in schweizerischen Dialekten, umlautet.

Die kombinatorische Verwandtschaft des **G** dur ist sehr gering, die des **K** oder des adspirirten **G** dur dagegen sehr umfassend. Mit einem vorausgehenden Konsonanten verbindet sich **G** und **K** als zweiter Sprachlaut einer Silbe nur in 2 Fällen, nämlich mit **S** und **Sch**, wenigstens würde eine andere Verbindung dieser Art nicht zu sprachlichem Zwecke zu gebrauchen sein. Dagegen verbinden sich beide Buchstaben, wenn sie eine Silbe auslauten, mit der Mehrzahl der Konsonanten; nur dürften Silben, wie *agk, ang**), *adk, abk* nicht leicht vorkommen. Von den dem **G** dur nachgesetzten Konsonanten lässt sich nur **R** palatinum und **Ng** in unmittelbarer Verbindung aussprechen, also nur mit ortsverwandten Sprachlauten, in deren Mechanismus der des **G** dur sich ohne Zwischenmittel überziehen lässt. Mit allen übrigen Konsonanten, das **Ch** ausgenommen, lässt sich das **G** dur verbin-

*) Das **N** ist hier das linguale.

den, doch nur mittelbar, nämlich mittels eines stummen (oder kurz betonten), eingeschobenen **E**, z. B. *Gelaube, gemach, gewaltig* u. s. w. Am meisten stumm, d. h. am unmerklichsten, ist dieses Einschiebsel bei **Gt** und **Gp** (**Gd**, **Gb**). Hier braucht das **G** nicht in **K** überzugehen, da die Glottis erst nach der Bildung des 2. Konsonanten geöffnet wird. Dagegen wird man stets *Klaube* sprechen, wenn man das stumme **E** weglässt, und dafür die dem **K**-Laute wesentliche Adspiration substituirt. Das **K** lässt sich daher ohne weiteres Einschiebsel mit allen übrigen Konsonanten, das einzige **Ch** ausgenommen, verbinden, obgleich manche dieser Verbindungen, weil sie vom Gehör nicht gut distinguirt werden können, nicht benutzt werden.

Das harte **G** und noch mehr das **K** suchen in der Sprache ein Bild vom plötzlich, gewaltsam und mit grossem Geräusch oder Aufsehen getrennten, abgebrochenen, unterbrochenen, zertrümmerten, zusammengeschlagenen, angeprallten, u. s. w. zu geben. Beispiele: *Knacken, Axt, claque, wrack, leck, ruck.* Als Anlaut wollen diese Laute nur den Einsatz des ersten Vokals schärfer markiren, und regen dadurch jedenfalls die Idee eines Zustandes an, der weit gesetzter und in seinen Aeusserungen, so zu sagen, setzender ist, als der durch **H** ausgedrückte Zustand. Man vergleiche z. B. *Habe* und *Gabe, Hall* und *Gall* (*Hall* ist ein diffuser, *Gall* ein koncentrirter Schall). Indessen ist diese natürliche Bedeutung des **G** und **K** im Laufe der Zeiten bald verloren gegangen. — Die Fehler bei der Pronunciation des **G** dur und **K** beschränken sich besonders auf Mangel an Distinktion zwischen beiden Sprachlauten, und auf Verwechselung des **G** dur mit **G** moll (s. d.).

2) Mittlere Konsonanten. Linguales (Glosso-palatales et glosso-dentales). **G** moll. **J. R** lingu. **L. Th. S. Sch. N. D. T.**

Diese Konsonanten werden in der vordern Hälfte der Mundhöhle gebildet. Während bei den bisher Erwähnten der hintere Theil der Zunge vorzugsweise thätig war, ist es bei den mittleren Konsonanten die vordere Zungenhälfte, welche durch ihre verschiedenen Bewegungen nach oben, seitwärts, vorwärts, diese Laute hervorbringt. Manche Nationen theilen behufs ihrer Artikulationen die Zunge in 3 specifisch fungirende Partien. Dabei ist zu bemerken, dass die Zunge so ziemlich das einzige Organ ist, welches bei der Bildung dieser Sprachlaute in Bewegung gesetzt wird: wenigstens sind alle anderen, entfernteren Bewegungen, wie die des Kehlkopfs, erst von den der Zunge abhängig. Auch diese Reihe beginnt mit einem Rauschlaute **G**, und hört mit der kompleten Artikulation, dem Explosivlaute **T**, auf.

G moll (e). Jot.

G moll nenne ich den Sprachlaut, der sich zum **Ch** ebenso verhält, wie das vordere oder Zungen-**R** zum hinteren oder Gaumen-**R**. **J** (*Jot* oder *Ja* [Sanskrit]) ist, wenn es als ein vom **G** moll wirklich unterschiendener Sprachlaut aufgefasst wird, das **G** moll mit gleichzeitiger Stimmbändervibration, also ein Halbvokal, die nächste Stufe zum Vokalismus, und zwar zu **I**.

Der Mechanismus des **G** moll braucht uns nicht lange aufzuhalten, da er dem des **I**, von welchem wir hier auszugehen haben, sehr ähnlich ist. Die wesentlichen Abweichungen vom **I**-Mechanismus bestehen in folgenden:

1) Die Zunge ist noch mehr gehoben, und ihre seitlichen Partien gegen die Gaumenwölbung und die oberen Backenzähne bewegt, als beim **I**, so dass nur eine Schallritze zwischen Zungenrücken (längs der Mittellinie, doch nicht immer genau) und dem Gaumengewölbe übrig bleibt, eng genug, um die Luft beim Durchstreichen zum Rauschen zu bringen. Zwischen Gaumensegel und hinterem Theile der Zunge scheint jedoch ein ziemlich weiter, nach vorn zu natürlich sich verengender Zwischenraum zu bleiben, da die Zungenspitze, trotz der breiten Haltung der ganzen Zunge, doch bis an die untern Schneidezähne geführt und hier sogar noch etwas eingeschlagen ist. Der Isthmus scheint ziemlich eng zu sein (?). In Folge der stärkern Zungenhebung ist auch das Zungenbein (weniger der Kehlkopf) mehr gehoben, und die Kinnzungenbeinmuskeln mehr eingezogen, als beim **I**. Dagegen bleibt das Zungenbein nebst Kehlkopf auf seinem Nullpunkt stehen, ohne also weder auf- noch vorwärts gezogen zu werden.

2) Die Kinnladenspreitzung und Lippenöffnung weicht kaum vom **I** ab.

3) Die Glottis steht offen, wahrscheinlich ziemlich weit, da eine ziemliche Quantität Luft auf einmal verarbeitet werden muss, um ein hinlänglich vernehmliches Geräusch durch obigen Mechanismus zu erzeugen.

Das **Jot**, als selbstständiger Sprachlaut unterscheidet sich vom **G** moll lediglich dadurch, dass die Stimmritze sich bis zur Tonerzeugung schliesst und die Stimmbänder, ebenso wie beim **I**, mitschwingen. Es steht also das **Jot** unter allen Konsonanten den Vokalen, zunächst dem **I**, am nächsten, und gehört mit zu den Literae liquidae oder Semivocales. In der Regel wird aber eben kein Unterschied zwischen **J** und **G** moll gemacht.

Das **G** moll steht, wie wir gesehen haben, in einem eigenthümlichen Verwandtschafts- und Wechselverhältniss zum **Ch**. Der eine dieser beiden Sprachlaute muss in gewissen Fällen für den andern vikariren und umgekehrt. Es scheint also, als ob dieselben nur zwei verschiedene Mittel zur Erreichung eines und desselben sprachlichen Zweckes wären, und wir können in dieser Hinsicht beide Laute als einen, als den Zungenrauschlaut betrachten. Dieses Verhältniss tritt ein, wenn dieser Zungenrauschlaut von einem Vokale angelautet wird. Ist es **a**, **o**, **u** oder **au**, so gestaltet sich der Zungenrauschlaut als **Ch**, ist es dagegen **ä**, **e**, **i**, **ö**, **ü**, **ai**, **aü**, so gestaltet er sich als **G** moll. Z. B. *Ach*, *auch*, *loch*, *Tuch*, und *legen*, *selig*, *eigen*, *aüg* (*euch*) u. s. w. Der Grund davon liegt in der organischen Verwandtschaft der beiderseitigen Mechanismen, der vokalen zu den konsonantischen, im gegebenen Falle zu einander. Lautet dagegen der Zungenrauschlaut einen Vokal, also eine Silbe, an, so kommt es zuerst darauf an, ob es eine Anfangssilbe, oder eine zweite, eine Ausgangssilbe ist. Eine Anfangssilbe pflegt nicht leicht mit **Ch** anzulauten; hier wird wohl immer **G** dur oder moll gesetzt; wohl aber eine Ausgangssilbe, wenn diese aus einem einsilbigen, mit **Ch** endigenden Worte, hervorging, wenn also die erste Silbe mit **a**, **o**, **u** sich endigt, z. B. *rauchen*, *sachen*, *sagen*. Und ebenso wird die zweite oder Ausgangssilbe mit **g** moll anlauten müssen, wenn ihr ein **ä**, **e**, **i**, **ö**, **ü**, **ai**, **aü**, vorherrscht, z. B. *ei-gen*, *beu-gen*, *aü-geln*, *stri-geln*. Es findet also hier eine prädisponirende Verwandtschaft zwischen Vokal und Konsonanten Statt. Ueber die Fehler, welche in dieser Hinsicht in der Schriftsprache begangen werden, indem z. B. *Ei-che*, *schmei-cheln* u. s. w. statt *eige*, *schmeigeln* geschrieben wird, haben wir uns schon unter Lit. **Ch** missbilligend ausgesprochen. Ebenso wenig kann ich damit einverstanden

mich erklären, wenn das geschärfte **g** moll, dem ein kurzer, betonter Vokal vorhergeht, durch **Ch** ausgedrückt wird, z. B. *ich, Licht, ächt,* was ebenso verwerflich ist, wie die Schreibart *sagen, Auge* statt *Sächen, Auche.*

Dagegen ist es ganz in das Belieben des Individuums gestellt, ob er eine Anfangssilbe mit **G** dur oder **G** moll anlauten will, mag ein Vokal folgen, welcher will. So lange die deutsche Sprache in ihrer Schrift keinen Unterschied zwichen dem harten und weichen **G** macht, so lange werden wir es auch in Geduld ertragen müssen, dass Wörter, wie *Gott, geben, Gipfel, Gurt* von dem Einen mit hartem, vom Andern mit weichem **G** angelautet werden. Der eine hat von Natur ebenso viel Recht, als der Andere.

Das **G** moll ist der letzte der Rauschlaute, die zwischen Gaumen und Zunge gebildet, und, wie wir gesehen, vielfach mit einander vermengt und verwechselt werden. In assimilativer Hinsicht sind hier mit einander verwandt und können durch Aenderung des nationalen Sprachgebrauch in einander übergehen: **H** in 1. und 2. **Ch**, letzteres in 3. **Ch** oder gar in **K**; **G** moll in **G** dur und **K**, während **J** wohl in der Regel durch Konsonanticirung des **I** entstanden ist, wie **G** moll lautet, aber durch diese Funktion auch wieder in neue Verwandtschaftsgrade, namentlich zu **Sh**, getreten ist. In wie weit von dem Semivokale **J** in den Sprachen wirklich Gebrauch gemacht wird, mag ich vor der Hand nicht entscheiden. In den Fällen, die mir hierher zu gehören scheinen, wird das **Jot** zuweilen in der Schrift durch **Y** bezeichnet, z. B. *Yelva, Boyer,* oder selbst durch **y**, z. B. in der scheinbar barbarischen, im Grund aber richtigen Schreibart *Yden* für *Jüden,* was sich noch in einigen Abc-Büchern erhalten hat. Freilich dürfte meist schwer zu entscheiden sein, welche Pronunciation diejenigen, welche diesen Vokal so in der Schrift gebranchten, damit bezeichnet haben wollten. Wahrscheinlich sollte mit diesem **Y** ein rauschendes **ü** bezeichnet werden, sowie **J** das rauschende **I** bezeichnet.

Von den Verbindungen mehrerer Konsonanten mit **Jot** (eigentlich auch nur **G** moll), wodurch die sogenannten mouillirten Sprachlaute entstehen, können wir erst nach Beendigung der Physiologie der einfachen Konsonanten sprechen.

Das **G** moll (**Jot**) hat eine grössere Verwandtschaft zu den übrigen Sprachlauten, als **Ch**. Es kann alle Vokale an- oder auslauten, auch diejenigen, mit welchen **Ch** sich verbindet. Man kann also allerdings, wenn man will, *Auge, sagen* u. a. so aussprechen, wie geschrieben steht. Dagegen, wenn auf den, einen Vokal auslautenden, Zungenrauschlaut ein Konsonant, gewöhnlich eine Explosiva, folgt und die Silbe schliesst, oder die folgende Silbe beginnt, so macht allerdings die Art des Vokales darin einen Unterschied, ob **Ch** oder **G** moll zu wählen ist. Z. B. *Acht, Docht, Wucht* wird wohl jeder so, wie geschrieben steht, auszuprechen geneigt sein, nicht *Agt, Dogt, Wugt,* welche Verbindung offenbar den Sprachorganen ziemlich schwer fällt, obgleich sie möglich ist. Also ist die Schreibart: *Magd, Agtstein, lugt* u. s. w. falsch, wie wir schon früher bemerkt haben. Geht aber **ä**, **e**, **i**, **ei**, **ö**, **ü** voraus, so ist **g** moll an seiner Stelle. Es müssen also Worte, wie *echt, leicht, möchte, Üchteritz* durchaus mit **G** moll geschrieben werden. Gewöhnlich wird in solchen Fällen, wo nach **a**, **o**, **u** und **au** **G** moll gehört werden soll, nicht dieser Buchstabe geschrieben, sondern **Jot** oder **Y**, z. B. *Ajin, Ajax, auje* (Ausruf), *Loyola.* Ich erlaube mir hier für die endlich nothwendige Unterscheidung der verschiedenen, bisher so will-

kührlich und ohne Verstand mit **g**, **ch**, **j** und **y** bezeichneten Zungenlaute folgenden Vorschlag zu machen.

G sei und bleibe das Zeichen für unser **g** dur, z. B. *Gott, egal.*

Ch sei, so lange wir kein einfaches erfunden und adoptirt haben, das Zeichen für den hintern Zungenrauschlaut, z. B. *auch, Macht* u. s. w.

Y werde in der bisherigen Verwendung gar nicht mehr gebraucht, da wir an **ü** und **i** gerade genug haben.

⅁ (das umgekehrte **G**) werde als Zeichen für das grosse **g** moll gebraucht, da es sich seiner Gestalt nach sehr gut dazu eignet. Das kleine **g** moll werde durch ȷ bezeichnet.

J als Halbvokal bleibe **Jot**, als kleiner Buchstabe **j**, wo der Punkt seinen Unterschied von ȷ und zugleich seine Verwandtschaft zu **i** anzeigt.

Ein anderer Vorschlag wäre, das **G** moll durch das bisherige Schriftzeichen zu bezeichnen, die Härte des **G** dur dagegen durch einen in das **G** eingesetzten Punkt, analog einem im Hebräischen vorkommenden Gebrauche.

Das **y** ist offenbar, wie Figura zeigt, ursprünglich aus **i** und **j**, **g** aus **c** und **j** zusammengesetzt worden, woraus erhellt, dass das Zeichen ȷ ursprünglich den **g** moll-Laut ausgedrückt hat, der durch **i** in **Jot** abgeschwächt, durch **c** (oder **k**) dagegen in **g** dur verstärkt oder verhärtet worden ist.

Was die Verbindung dieser Laute mit Konsonanten anlangt, so sind hier folgende Silbenanfänge und Silbenendungen möglich: **Gr. Gk. Gl. Gd** etc. **Gs. Gsch. Gn. Gd. Gw. Gf. Gm. Gb.** — **Kg. Dg. Sg. Bg** (auch *i muet* eingeschoben). — —**rg**, **kg**, **lg**, **dg**, **sg**, **ng**, **fg**, **mg**, **bg**. —**gk**, **gt**, **gs**, **gb**.

Der physio-psychologische Charakter des **G** moll und **Jot** ist der Ausdruck des Leichten, Kleinen, Veränderten, Niedlichen, wenigstens für die deutsche Sprache. Die Diminutiva dieser Sprache enthalten **g** moll als Charakterlaut. Man vergleiche: *Leicht, niedlich, Liebchen, Herrchen.* Oft aber ist es nur ein Begriffslaut, und kommt daher am häufigsten in Eigenschaftsworten, besonders in den Endsilben vor.

R linguale. Zungen-R. Vorderes R.

Der Mechanismus des Zungen-**R** ist von dem des Gaumen-**R** so verschieden, dass die Auseinanderstellung der beiden **R**-Mechanismen in unserem Systeme wohl gerechtfertigt erscheinen wird.

1) Wie der weiche Gaumen beschaffen sei, lässt sich nicht sehen, jedenfalls ist aber der Isthmus faucium weiter geöffnet, als beim Gaumen-**R**, und das Zäpfchen vibrirt nicht. Diese Theile mögen etwa sich so verhalten, wie bei der Pronuncirung des **E**, nur dass die Schlundgaumenmuskeln wegen der Aufwärtsziehung des Zungenbeins gespannter sein müssen.

2) Die Zunge wird, sammt ihrer Wurzel, also mit dem Zungenbeine und dem daran hängenden Kehlkopf (letzterer jedoch in geringerem Grade, da der M. hyo-thyreoideus nicht mit aktiv ist) in die Höhe gezogen, höher als bei irgend einem andern Sprachlaute, so dass sie mit ihrer hintern Hälfte in die Nähe des weichen Gaumens kommt, und mit ihrer vordern Hälfte den harten Gaumen völlig berührt. Dabei bleibt sie breit und stösst mit ihren Seitenrändern allenthalben an den Alveolarbogen und die Zähne des Ober-

kiefers an. Der vordere Rand der Zunge bleibt ein wenig von den Vorderzähnen des Oberkiefers entfernt, nach Valentin legt sich die Zungenspitze an die hintere Seite der vordern Unterkieferzähne. Die beiden Zahnreihen lassen eine Spalte von mässiger Grösse offen. Nun kommt der tönende Luftstrom in diese zwischen Gaumen und Zungenrücken sich ausbreitende Spalte, und drängt die gegen den harten Gaumen gleichsam federnde Zunge ab: sie schlägt im nächsten Moment vermöge ihrer durch Muskelaktion ertheilten Elasticität wieder an den Gaumen, im nächsten Augenblicke wird der Vordertheil (nach Valentin die Seitenränder) der Zunge wieder vom Luftstrom abgetrieben u. s. w. Drei solcher Zungenschläge oder Vibrationen sind mindestens zur Erreichung dieses **R**-Lautes erforderlich, ein einziger genügt nimmer, was auch Angermann (S. 26) dagegen einwenden mag.

Versuche haben mich belehrt, dass es zunächst und wesentlich die Zungenspitze mittleres Theiles ist, also ein sehr kleiner Theil der Zunge, welcher bei diesem Mechanismus frei schwingbar sein muss. Schon am ersten Backenzahne liegt die Zunge unbeweglich, und nur in ihrer Substanz durch Mittheilung mitschwingend oder mitbebend, an; nur das vordere Alveolarsegment von einem Eckzahn bis zum andern muss frei sein, so dass die Zungenspitze hinter demselben ihre Vibrationen ausführen kann. Alle hinter diesem Segmente liegenden Zungenpartien kann man festhalten, niederdrücken oder sonst auf eine Art dämpfen: der **R**-Mechanismus wird dadurch nur erschwert, aber nicht unmöglich gemacht. Der Anschlag geschieht unmittelbar über und hinter dem vordern Segment des obern Alveolarfortsatzes an den harten Gaumen. Die aufschlagenden Vibrationen theilen sich als blosse freie nach hinten zu an Höhe abnehmende Wellen den übrigen Theilen der Zunge in geringer Ausdehnung mit. Je fester die Zungenspitze gegen den Gaumen gestemmt oder je mehr bei gleichbleibendem Zungendrucke der Luftdruck verstärkt wird, desto rascher folgen die Vibrationen auf einander, desto weniger sind sie aber auch ausgebreitet, und desto mehr verlieren sie an Klang und Lautbarkeit. Dass der Boden der Mundhöhle bei diesem Vorgange in entsprechendem Grade mitgehoben werden und auch etwas mit vibriren muss, versteht sich von selbst. Das Zungenbändchen ist etwa $\frac{1}{2}$ P. Z. von den untern Schneidezähnen entfernt. Die Muskeln zwischen Kinn- und Zungenbein sind wenig angespannt.

3) Die Kinnladen und Lippen sind etwa so weit von einander entfernt, wie beim **E**. Uebrigens kann man, wenn man will, dem Munde, wenn nur die Kinnladenstellung unverändert bleibt, beliebige Stellungen geben, ohne dass der **R**-Mechanismus dadurch wesentlich gestört wird. Dieser Umstand erleichtert die Verbindung des Zungen-**R** mit den Vokalen und mit den Zungen-Konsonanten.

4) Was die Adspiration, den von den Griechen vor das ein neues Wort anfangende **R** gesetzten Spiritus asper anlangt, so ist dieselbe beim Zungen-**R** durchaus willkührlich, wenigstens nicht nothwendig, wofern man nur die Zunge bei Zeiten in die gehörige Lage bringt. Aber man hüte sich auch die Zunge zu vorschnell an den Gaumen zu drücken, und die Luftsäule erst später folgen zu lassen, sonst erklingt **Tr**, nicht das reine **R**. Das **T** ist hier das **T** palatale, s. w. u. Ebenso entsteht unter ähnlichen Umständen aus **N** palat. **Gn**, aus **Ch Kch**.

Ueber die Kombinationsfähigkeit des **R**-linguale gilt so ziemlich dasselbe,

was vom **R**-gutturale gesagt worden ist. Nur ist es mit **Ch** ohne Zwischenvokal fast gar nicht möglich zu verbinden.

Bei der Betrachtung des **R** palatale habe ich Gründe dafür vorgebracht, dass das **R** linguale nicht die alleinige oder am meisten gebräuchliche Form des **R** überhaupt sein müsse. Freilich haben die meisten Sprachen nur Ein Zeichen für beide **R**, nur das Sanskrit besitzt deren zwei, nämlich ऋ (ri) und र (ra). Das erste wird zu den Vokalen*), das andere (das nach Bopp zu den lingualen Konsonanten gehören soll) zu den Halbvokalen gerechnet. Wenn das *Ra* wirklich das **R** linguale gewesen ist, so scheint es mir glaublich, dass das *Ri* unser **R** palatale vorstellte, zumal das Zeichen ऋ, dem des **a** अ, welches doch der reine Kehlvokal ist, sehr ähnlich ist. Das *Lri* dagegen ऌ ist offenbar mit dem **R** linguale verwandt, da es dem *La* ल sehr ähnlich sieht. Auch klingt bei manchen Personen das **R** linguale oft so, als ob sie dabei einen **L**-Anlauf nähmen.

Das **R** linguale ist für die Erlernung schwieriger, als das **R** palatale. Selten findet man ein Individuum, welches beide **R**-Formen gleich vollkommen aussprechen kann. Damit ist aber nicht gesagt, dass diese Unvollkommenheit einen Fehler darstellte. Aber zuweilen kommt es vor, dass einer das **R** gar nicht erzeugen kann, und dann **L**, **S** oder **T** dafür setzt, in letzterem Falle wohl in der Regel **T** palatale (s. w. u.). Die Schweizer setzen oft **L** statt **R**. In manchen Sprachen und Dialekten fehlt das **R** (wohl nur das **R** linguale) ganz.

Ein **R** glottidis, wie Mayer annimmt, und welches beim Trillern im Gesange vorkommen soll, existirt nicht: der Triller ist eine Abwechselung zweier Töne, nicht Geräusche, also kein **R**. Eben so wenig kann von dem **R** als Zahnlaute die Rede sein. (Vgl. Bindseil S. 311.)

Das **R** linguale ist ein Schnarrlaut, so gut wie das **R** gutturale, und besitzt als solcher so ziemlich denselben psychologischen Charakter, wie letzteres.

Auch die sonstigen Eigenschaften, Beziehungen und Verwandtschaften des **R** linguale dürften von den des **R** gutturale schwerlich abweichen, ausgenommen, dass vor **R** linguale das **é** weniger wie **ä** klingt, als bei **R** gutturale, und ich verweise daher in dieser Hinsicht auf das frühere Kapitel. Was seine Verwandtschaft zum **L** und **T** anlangt, so wird darüber in den folgenden Abschnitten gesprochen werden.

L.

Ein physiologisch scharf begrenzter und von den übrigen sehr unterschiedener Sprachlaut, der keinen wesentlichen, aber mehrern unwesentlichen oder von der Willkühr abhängigen Varietäten unterliegt, und über den daher auch von jeher wenig Streit und Verwirrung geherrscht hat. Sein Mechanismus besteht im Wesentlichen in halber Stopfung des Mundkanals durch Aufrichtung der Zunge gegen den harten Gaumen oder die Schneide-

*) Die Sprachzeichen des Sanskrit stellen in der Regel ganze Silben vor, oder einen Konsonanten mit angehängtem Vokale. Da in dem *ri* der Vokallaut vorherrschen soll, so ist dies Zeichen, so wie einige andere, zu den Vokalzeichen gerechnet worden.

zähne, so dass die Luft zu beiden Seiten der Zunge zu entweichen genöthigt ist.

1) Der weiche Gaumen hat seine gewöhnliche mittlere Haltung, wie bei allen Sprachlauten, wo die Luft durch den Mund exspirirt wird. Die Form des Isthmus faucium ist unsichtbar und unbekannt.

2) Die Zunge steht mit ihrem Hintertheile so tief, wie bei der Pronunciation des **a**; Zungenbein und Kehlkopf haben also ebenfalls die entsprechende Stellung.

3) Die Zungenspitze wird, ohne dass gleichzeitig die Muskeln des Mundhöhlenbodens nachschieben, gegen das vordere Segment des obern Alveolarbogens, oder gegen den gleich dahinter gelegenen Theil des Gaumengewölbes, oder umgekehrt gegen die beiden Schneidezahnreihen bewegt, ja sie kann sogar ein Stück zwischen die Kinnladen hervorgestossen werden, besonders wenn die Schneidezähne ganz oder zum Theil fehlen. Beim polnischen ł liegt die Zungenspitze gegen die Mitte des harten Gaumens zu etwas einwärts gebogen; beim sogenannten **l** mouillé (dem spanischen **Ll**) stemmt sich der mittlere Theil der Zunge gegen den Gaumen, mit niedergesenkter und an die untern Vorderzähne gedrückter Spitze. Und so giebt es gewiss noch mehrere andere, von der individuellen oder nationellen Gewöhnung und Fertigkeit der oder jener Zungenmuskelpartien abhängende Modifikationen dieses Mechanismus. Im Allgemeinen wird der Mundkanal nach vorn zu durch die breit gezogene Zungenspitze vollkommen gestopft. Auf die Mittel hierzu kommt es gerade nicht so ängstlich an.

4) Aber der hintere Theil der Zunge stopft nicht, weder durch Hebung noch durch Ausbreitung: schon der mittlere Theil der Zunge berührt den Gaumen und die Alveolarfortsätze nicht mehr, und zwischen den hintern Backenzähnen lässt beiderseits die ihren Rand etwas einwärts oder abwärts ziehende Zunge einen Zwischenraum, durch welchen die Luft in den Backenraum entweicht, Wenn man auf der **L**-Lage stark ex- und inspirirt, so fühlt man deutlich den Luftzug an den hintern Zähnen des Oberkiefers. Auch werden die Backen etwas bei der **L**-Bildung aufgetrieben. Die Luft streicht nun ausserhalb der innern Mundhöhle zwischen Backen und Kieferknochen vorwärts, erlangt so ihre gehörige Resonanz und Klangfarbe, und gelangt von beiden Seiten her bis zum Munde, dessen Oeffnung etwa dieselbe ist, wie beim **E**, aber auch nur eine seitliche, sogar einseitliche, sein kann, bei gegenseitiger Berührung der Mittelpartien der Lippen, ohne dass dadurch der **L**-Mechanismus zerstört wird.

Kudelka betrachtet das wesentliche mechanische Element des **L** (Theilung des Luftstroms in der Mundhöhle durch die mittlere Längenzone der Zunge) als ein solches, das an allen den von ihm angenommenen fünf Artikulationsstellen stattfinden kann, und er nimmt hiernach 5 **L**-Laute, den er auch den Familiennamen Murmellaute giebt, an. Das $\mathbf{L}^5$ (durch Zusammenkunft des weichen Gaumens und der Zungenwurzel gebildet) soll das polnische ł vorstellen.

Seinen phonischen Charakter erlangt also das **L** dadurch, dass die tönende, aus dem vibrirenden Kehlkopf emporgeführte Luft in der Peripherie des Mundkanals zur Resonanz gebracht wird, und zwar a) in dem Raume zwischen Gaumen und Zunge, der sich fast keilförmig oder zungenförmig etwa bis zur Mitte des harten Gaumens zieht, wo er sich der Breite nach zuspitzt; b) in dem zwischen den Kiefern und Backen befindlichen Raume, welcher durch die hintere Zahnspalte mit dem vorigen Raume kommunicirt, und nach vorn zu in den folgenden übergeht; 3) in dem vor der Zunge,

zwischen derselben und dem Ausgange der Mundhöhle liegenden Raume, der nun eben nach Umständen, je nachdem die Zunge mehr hinter oder mehr vorn den Mundkanal stopft, grösser oder geringer ausfällt, worauf die verschiedenen Modifikationen des **L** hinsichtlich seiner Lautbarkeit und sprachlichen Klangfarbe beruhen. Im Altnordischen und Böhmischen scheint der zur Bildung des **L** zu verwendende Luftstrom, bevor er im Kehlkopf zu tönenden Schwingungen verarbeitet wird, etwas adspirirt zu werden, worauf die Schreibweise **Hl** offenbar beruht.

Das **L** ist einer der am leichtesten und bequemsten zu pronuncirenden Sprachlaute. Die Aufhebung der Zungenspitze erfordert nicht die geringste Vorbereitung und Ueberlegung: die Hauptmasse der Zungenmuskulatur bleibt in Ruhe; die erforderliche Zungenbewegung unterscheidet sich nicht im Geringsten von jeder andern Aufwärtsführung der Zungenspitze behufs anderer Zwecke. Auch die Kraft, welche zu dieser Bewegung erfordert wird, ist verhältnissmässig unbedeutend, und namentlich geringer, als die beim **R** aufgewandte. Die Stimmbändervibration lässt sich mit keiner konsonantischen Artikulation so leicht verbinden, als mit dieser. **L** ist unter allen Konsonanten den reinen Vokalen, zunächst dem **E** und **I** am ähnlichsten. Nach Angermann (S. 26) erscheint **L** am leichtesten nach **O**, ebenso wie **n** nach **a** und **r** nach **u**. Es tönt ziemlich laut und voll, aber entbehrt der Schärfe der Vokale, da die Wände des Resonanzbodens zu weich sind. Am hohlsten und am wenigsten gedämpft klingt das wendische und polnische ł, wenn es so gebildet wird, wie v. Kempelen, nicht Kudelka, angiebt, da hier die Zungenspitze senkrechter und mehr in der Mitte sich gegen den harten Gaumen erhebt. Es wird aber mehr gedämpft und dem **W** ähnlicher ausfallen, wenn dabei, wie Andere, z. B. Adamowicz (Polnische Grammatik. Wien 1796. S. 3), versichern, die Zunge weiter vorn, zwischen den Zahnreihen, den Mundkanal stopft. Nach Schmidt wird beim polnischen ł die Zunge ganz in die Wölbung gedrückt, welche der Gaumen vorn mit den Alveolen der obern Schneidezähne bildet. Diese Erklärung scheint mir am wahrscheinlichsten zu sein, so wie auch, dass das polnische ł sich vom sogenannten **l** mouillé nicht wesentlich unterscheidet. Der Hauptunterschied des ł vom einfachen **l** ist gewiss der, dass bei ersterem die Zunge mit mehr Nachdruck angelegt wird, und den Mundkanal in grösserer Ausdehnung stopft, als bei letzterem. Das spanische **ll** ist ein schweres, adspirirtes, oder vielmehr jotacirtes **L**, davon später.

Auf der assimilirenden Verwandtschaft des **L** zum **J** beruht die im Italischen am entwickeltesten auftretende Substitution des **I** für das **L** (fiore, fiamma, für flore, flamma u. s. w.). Die stärkste kombinatorische Verwandtschaft hat das **L** zu **D**, ebenso wie das **R** linguale, zu dem es gleichfalls in starkem Verwandtschaftsgrade steht. **R** linguale ist gleichsam ein vokalisirter Triller auf dem palatalen **D** oder **T**; das stumme **L** ist ein zur Ruhe gekommenes **D**, d. h. die bei **D** gehobene Zungenwurzel ist beim **L** gesenkt und in den Indifferenzzustand zurückgekehrt. Es kann also unmittelbar **D** — **T** in **L** überlauten, besonders zu Anfange einer Silbe, z. B. τλάω, oder auch zu Ende, z. B. *Titl,* wo an ein sogenanntes stummes **E** zwischen **t** und **l** gar nicht zu denken ist; es kann ferner das **R** linguale unter allen Verhältnissen, selbst zu Anfange einer Silbe, in **L** überlauten, obwohl die Kombination **rl** nur als Silbenauslaut gewöhnlich ist, z. B. *Karl,* oder in Silbentrennung, z. B. *Orla.* Dagegen lässt sich umgekehrt **lt** oder **lr** eben so

wenig, wie die Verbindungen mit andern Konsonanten, in den das **L** den Anlaut bildet, anders zu sprachlichem Zwecke anbringen, als in Silbentrennung, **lt** auch als Silbenauslaut, z. B. *Elrize, alt, altus.* Fernere Verbindungen mit **L** sind —**lj**, —**lg**, —**lk**, —**lth**, —**ls**, —**lsch**, —**ln**, —**lv**, —**lf**, —**lph**, —**lm**, —**lb**, —**lp**. Als Hinterlaut in **Chl**, **Dl**, **Gl**, **Kl**, **Thl**, **Sl**, **Schl**, **Vl**, **Wl**, **Phl**, **Fl**, **Bl**, **Pl**. Alle diese Doppelkonsonanten können als Silbenanlaute, aber auch als Silbenauslaute gebraucht werden. Es ist blosses Vorurtheil, dass dergleichen Silbenendigungen nicht ohne ein zwischengeschobenes **e** muet existiren könnten. Darüber noch später einige Worte.

Der psychologische Charakter des **L** als Naturlaut ist der Ausdruck des Weichen, Sanften, Zarten, Wohlthuenden. Beispiele: *Lamm, Wolle, Lallen, Lilie, Lullen, Liebe, Lob, Heil* u. v. a.

L wird selten fehlerhaft gebildet, und noch seltener kann es gar nicht gebildet werden. Zuweilen wird es mit einem **D**- oder **T**-Anlauf der Zunge erzeugt. Oft wird es für andere Konsonanten, die dem Sprachorgane zu schwer oder unmöglich fallen, besonders für **R**, gesetzt, welcher Fehler Lambdacismus genannt wird.

Dh oder Th.

So wie **Ch**, besonders in seiner 3. Varietät, der producirte Explosivlaut **G** (dur), so ist **Th** (**Dh**) der producirte oder in eine Continua verwandelte Explosivlaut **D**. Auch über diesen Konsonanten ist manches Irrige, Halbwahre und selbst Lächerliche verbreitet worden, obwohl derselbe seinem Mechanismus nach ziemlich einfach und leicht begreiflich ist. Vor allen Dingen muss ich bemerken, dass dieses **Th** nicht etwa mit dem (adspirirten) **T** verwechselt werden darf. Es ist das griechische Θ und das englische **Th**, welches wir aus Gründen, die bald einleuchten werden, schon hier, vom **D** geschieden, abhandeln wollen. Sein Mechanismus ist, wie folgt.

1) Der weiche Gaumen ist in seiner Ruhe. Man kann ihn zwar nicht sehen, aber alle Umstände, aus dem sich etwas auf den Zustand dieses Organs schliessen lässt, sprechen dafür.

2) Die Kinnladen werden einander so weit genähert, dass die Zähne sich gegenseitig berühren, aber nicht so weit, dass die Oberzähne, wie im Zustande des völligen Kinnladenschlusses, bis über den Rand der Unterzähne gerathen. Fehlen die Oberzähne, so bleibt zwischen den Unterzähnen und dem Zahnfleisch des Oberkiefers ein Zwischenraum von etwa 3 Linien. Die Kinnladenöffnung ist etwa dieselbe, wie für die Pronuncirung des **I**, eben so auch die Mundöffnung und Lippenstellung, auf die übrigens hier nicht viel ankommt.

3) Das Zungenbein wird ein ziemliches Stück gehoben und zugleich etwas nach vorn geschoben. Der Kehlkopf folgt dieser Bewegung nur insoweit, als das elastische Lig. hyo-thyreoideum nachzieht. Die Glottis steht offen.

4) Die Zunge wird daher in ihrer Basis gehoben, gewölbt, und dem Gaumen sehr genähert, ungefähr wie zu der Pronuncirung des **G** moll. Die Zungenspitze und die Zungenränder legen fest sich an die Zahnreihen an, und schliessen alle Zwischenräume. Nur der obere Rand der Zungenspitze legt sich leiser an den Alveolarrand und die obern Schneidezähne an; dagegen drückt der untere Rand der Zungenspitze gegen die untere Incisivi so fest an, dass keine Luft durch kann. Wenn nun die Luft vorgetrieben wird,

so bildet sich eine kleine Ritze zwischen dem obern Rande der Zungenspitze und den obern Schneidezähnen, oder wo diese fehlen, dem Alveolarfortsatze, und auf diese Weise ein halbzischendes Geräusch, was so lange fortgesetzt werden kann, als der Athem reicht. Oder es legt sich, wo die obern Zähne fehlen, die Oberlippe an die zwischen Unterzähne und obern Kieferrand hervorquellende Zunge, so dass sich die Luft noch eine 2. Schallritze (zwischen Zunge und Lippe) bildet, die den Laut etwas zischend macht.

Es lässt sich auch ein **Th** bilden, wenn die Zungenspitze ein Stück hinter den Schneidezähnen gegen den harten Gaumen gestemmt, und durch beide Organe die Luft gezwängt wird. Allein dieser Mechanismus ist weit schwieriger und unbequemer, und das entstehende Geräusch matter, undeutlicher und unsicher. Die Zungengeräusche fallen allemal weit besser aus, wenn die Spitze dieses Organs nach vorn zu sich an einen festen Körper stemmen kann.

Die obere Fläche der vordern Zungenpartie zieht sich während des **Th**-Mechanismus etwas niederwärts und rückwärts, also von den Zahnzellen ab, um der durchströmenden Luft Raum zu lassen: die Schallritze ist (bei mir) höchstens $^2/_3$ Linie breit und etwa 4—5 Linien lang.

Das so entstehende Schallphänomen hebt allerdings oft mit einem ziemlich scharfen Einsatz an, der einem **D**- oder **T**-Anlaufe ähnlich klingt, aber wenn man sofort den Exspirationsstrom andringen lässt, so ist von diesem Ansatz wenig oder nichts wahrzunehmen, eben so wenig als beim **F** der **B**-Anlauf. Wenn das **Th** eine Silbe auslautet, dürfte allerdings der **D**-Einsatz nicht gut vermieden werden können, wenigstens nicht von Individuen, die keine geborenen Engländer sind. Was die phonischen Eigenschaften des **Dh**-Lautes anlangt, so ist derselbe seinem Klange nach dem **S** am meisten verwandt, und steht überhaupt zwischen **T** und **S** in der Mitte, oder vermittelt die assimilirende Verwandtschaft dieser beiden Laute, obgleich er vom **S** sich immer noch bedeutend, besonders durch völlige Abwesenheit des Sibilus, unterscheidet. Auch ist die Tonstufe des **Dh** eine ganze Oktave tiefer, als die des **S**. Mit dem **F** hat aber das **Th** weder in seinem Mechanismus, noch im Klange, auch nur entfernte Aehnlichkeit: von Kempelen hat eine ganz falsche Ansicht von beiden Sprachlauten. Je nachdem das **Dh** mit mehr oder weniger Nachdruck pronuncirt, und je nachdem es durch Anlegung der Zunge an die Zähne oder hinter denselben an den harten Gaumen gebildet wird, erhalten wir 4 Modifikationen, welche sämmtlich im Arabischen, und zwar nach v. Hezel folgendermassen unterschieden werden:

1) ذ **dh** dentale; 3) ظ **th** linguale;
2) ض **dh** linguale; 4) ث **th** dentale.

Nach meiner Ansicht haben wir an dem **Dh** dentale und linguale genug, und brauchen kein **Th**, da die Adspiration sich nicht mit dem Wesen dieses Sprachlauts verträgt, und die Unterschiede zwischen hart und weich unhaltbar sind. S. noch w. u. Ausserdem findet sich das **Th** mit Bestimmtheit auch im Altgriechischen und Neuenglischen vor. Ob das hebräische *Taw* wie unser **Th** ausgesprochen worden sei, haben die Grammatiker und Sprachgelehrten bisher deshalb nicht ausmachen gekonnt, weil ihnen der Mechanismus dieses Lautes unbekannt war. Kudelka unterscheidet, wie das Sanskrit, ein weiches und ein hartes **Th**, ohne das weiche durch **Dh** zu bezeichnen. Weich sei es z. B. in *the*, hart in *think*.

Die Verwandtschaften des **Dh** sind ziemlich dieselben, welche das **D** und **T** hat. Im Englischen verbindet es sich als Silben-Anlaut nur mit **R** und **W**, es kann sich aber auch mit **L** und **M** verbinden, dagegen nicht mit **S**. Als Silbenauslaut können ihm alle Konsonanten, nur nicht **D**, **T**, **W** vorangehen.

Das **Th** ist kein Naturlaut, und hat daher auch keinen eigenthümlichen psychologischen Charakter.

S.

Der sogenannte Säusellaut des Alphabets, und als solcher sehr scharf von allen andern Sprachlauten geschieden. Seine Pronunciation ist deshalb sehr leicht, weil die Organe, mögen sie beschaffen sein, wie sie wollen, bald eine solche Disposition anzunehmen lernen, wie sie zur Erzeugung dieses Lautes erfordert wird. Trotzdem lag der Mechanismus desselben bisher völlig im Unklaren.

Die Lage des Gaumens und des hintern Theils der Zunge ist, wie bei den vorigen Sprachlauten beschaffen. Nach Kudelka ist diese längs des Gaumens ausgestreckt, so dass die Zungenspitze ganz in die Nähe der Zähne zu liegen kommt. Die Zungenränder berühren den Gaumen, so dass in der Mitte ein schmaler Kanal bleibt, durch welchen die Luft gegen die Oberschneidezähne geführt wird. Auf die Zungenspitze und Kieferöffnung kommt es hier zunächst an. Auch beim **S** wird, wie beim **Th**, die Unterkinnlade der obern stark genähert, und die Zungenspitze in den vordern Mundhöhlenraum geschoben. Mit der Schallritze ist es aber eine eigenthümliche Sache. Es ist nämlich nicht, wie bei allen bisherigen Rauschlauten, eine, sondern sind gewöhnlich mehrere Schallritzen oder Schalllöcherchen vorhanden, und zwar immer so gestellt, dass sich die Luft daran bricht; keine dieser Ritzen oder Löcher darf breiter oder weiter als $^1/_2$ Linie sein, und sie müssen wenigstens zum Theil von hartem Material gebildet sein. Bei einem vollständigen Gebiss öffnet sich der Mund so weit, dass die Zahnränder nicht mehr übereinander greifen: die (nach Angermann wie bei **I** gehöhlte) Zunge schiebt sich vor die Unterzähne und die zwischen beiden Zahnreihen gebildete Spalte, wobei nach Angermann die Oberbackenzähne von ihr mit berührt werden; und an den Stellen, wo säuselfähige Spalten oder Löcher sich befinden, zieht sie sich ein wenig zurück, dass die Luft durchsäuseln kann. In der Regel zieht sie sich ein wenig in der Mitte von den Zähnen zurück: dadurch entsteht eine oder auch zwei Oeffnungen, die theils gerade zum Munde heraus führen, wobei die Luft sich an den obern Zahnrändern bricht, theils indirekt die Luft zu einen oder einigen Zahnzwischenräumen führen, durch welche sie ebenfalls gebrochen heraussäuselt. Grosse Zahnlücken werden von der Zunge bis auf eine kleine Oeffnung verstopft. Fehlen alle Oberzähne, so schadet dies auch nicht viel. Die Zunge zieht sich dann ein wenig von dem Oberkieferrande einerseits und von den Unterzähnen andererseits zurück, während sie im Allgemeinen alle Zwischenräume schliesst, und lässt durch diese Lücken die Luft heraus. Das Wesentliche dabei aber ist, dass die Luft nach ihrem Uebertritt über die Zungenspitze eine scharfe Kante trifft, an der sie sich brechen oder beugen kann. Vergl. über diesen Vorgang die akustischen Untersuchungen S. 301. Ist auch dies nicht zu ermöglichen, dann verliert das **S** sein charakteristisches Timbre. Und

wenn nur 2 Unterzähne noch vorhanden sind, so ist die Möglichkeit zu dieser für das **S**-Geräusch erforderlichen Brechung der Luft gegeben. Es müssen hier nur die obern Ränder dieser Zähne durch ein geringes Zurückziehen der Zungenspitze frei gemacht werden. Diese zahlreichen oder wenigen einzelnen Säuselgeräusche, die übrigens, wie meine darüber angestellten Versuche lehren, alle von gleicher Tonhöhe sind, summiren sich zu einem Gesammtlaute, der dadurch, dass in den kleinen Schallritzen u. s. w. stets etwas Speichel mit fortbewegt wird, etwas Rauschendes annimmt. — Nach Angermann tritt der hintere [obere] Theil der Zungenspitze nach vorn, und berührt momentan die Oberzähne: je nachdem diese Berührung härter oder weicher, wird ein **Ss**, ś oder **s** daraus; auf den Grad der Lufttension nimmt Angermann keine Rücksicht, eben so wenig versteht er sich auf den Mechanismus des Sibilus.

Das sogenannte oder sogeschriebene **ss** oder **sz** ist nichts anderes, als ein geschärftes **S**, wobei also sowohl die Zunge härter an die Unterzähne angedrückt, als auch die Luft mit mehr Emphase ausgestossen wird. Das Säuseln geht hier noch mehr in ein Zischen und Rauschen über. Im Hebräischen, wo am subtilsten unterschieden wird, stellt Samech ס das einfache, säuselnde **S** vor; und Sajin ז das schärfere, **ss**. Im Französischen wird das **ss** durch **ç** ausgedrückt. Man muss übrigens, was in den Sprachen leider nicht geschieht, unterscheiden zwischen dem scharfen und dem harten oder geprallten **s**. Ersteres kann eine Silbe an- oder kann auch einen langen Vokal auslauten, z. B. *Maass;* letzteres wird durch einen kurzen, betonten Vokal provocirt, *Masse*. Der Unterschied ist jedoch nur ein zeitlicher und dynamischer, kein physiologischer. Die Schreibart **sz** für das scharfe **S** ist wenigstens für die deutsche Sprache unpassend, hyperbolisch. Im Hochdeutschen wird kein Unterschied zwischen schwachem und scharfem **S** gemacht. Das eine Vordersilbe anlautende **S** ist seiner Natur nach immer dasselbe, auch im Französischen, wo man nur in dieser Hinsicht ein leichtes, oberflächliches, und schweres, stärker gehauchtes **s** unterscheiden kann. Z. B. in *rose, besoin* ist es leicht, nur säuselnd; in *sexe, penser, ançetre* u. s. w., also vor schweren Silben, wird es auch schwer.

Bevor wir weiter gehen, müssen wir, der vollständigen Uebersicht willen, den Mechanismus des

Sh und Sch

kennen lernen, da dieser Zischlaut oft mit dem **S** zusammengeworfen wird. Ich mache einen strengen Unterschied zwischen **Sh** (französich **j**, **g** [unter Umständen]; italisch **sc**; polnisch ś), und zwischen **Sch** (französisch **ch**; polnisch ż), da sich ein deutlicher Unterschied im Mechanismus derselben nachweisen lässt.

Bei **Sh** sind Mundhöhle und Lippen genau so weit geöffnet und gestaltet, wie für die Pronuncirung des **E**. Die Zunge ist gewölbt und besonders ihr Mitteltheil dem harten Gaumen genähert, wie bei **Th**, **G** u. s. w., aber die Zungenspitze ist etwas mehr, als beim **S**, hinter die Schneide- und selbst Eckzähne umgebeugt oder zurückgezogen, so dass zwischen ihr und dem Zahnbogensegment ein Spalt bleibt, der bis zu den Zahnhälsen herabreicht.

Beim **Sch** ist die Zungen- und Zahnstellung ziemlich die nämliche; nach Valentin legen sich die Seitenränder der Zunge an den harten Gaumen und die Oberkieferzähne, während sie sich in der Mitte abflacht oder aus-

höhlt; nach Kudelka wird die Zunge einwärts [?] knäuelartig gezogen, so dass nur ein schmaler Kanal, nach Valentin ziemlich breiter Hohlraum zwischen ihr und der hintern Hälfte des Gaumens verbleibt. Die Lippen werden rüsselförmig vorgestülpt, gewulstet und eine Oeffnung gebildet, die mit der des **U** Aehnlichkeit hat, aber wenigstens noch einmal so lang ist. So entsteht noch ein resonanzfähiger Raum zwischen den Zähnen und den Lippen, der beim **Sh** fast ganz fehlen muss. Fig. 186 und 187 werden diesen Unterschied versinnlichen.

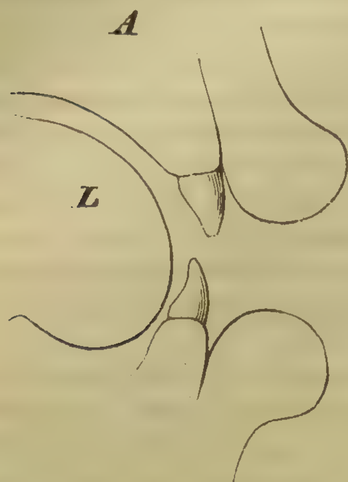


Fig. 186.

Bei **Sch** ist also auch das Ansatzrohr ein ziemliches Stück länger, als bei **Sh**.

Der Laut des **Sh** liegt, eben so wie sein Mechanismus, mitten zwischen **S** und **G** moll, weshalb es auch in einigen Sprachen durch letzteres Zeichen ausgedrückt wird. Das säuselnde Element des **S** fehlt, dafür tritt ein leicht zischendes Rauschen ein, das aber wegen des geringen Resonanzraums nicht zur Entwickelung kommen kann. Die Zunge stemmt sich mit ihren Seitenpartien in grösserer Ausdehnung gegen den harten Gaumen, als beim **Sch**, der Schallkanal wird dadurch kleiner und enger.

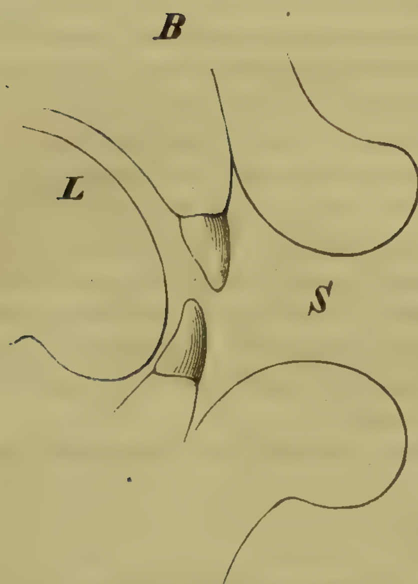


Fig. 187.

Beim **Sch** tritt dagegen der Zisch-Rauschlaut vollständig hervor. Dieser Rauschlaut beruht zum grossen Theile auf der Erweiterung der Mundhöhle, und zwar des resonanzfähigen Mundhöhlenraumes nach vorn, ausserhalb der Kieferwölbungen. Die beiden Lippen wulsten sich nach aussen, wobei sich die den Winkeln zunächst liegenden Partien gegen einander legen und dieselben Theile vom Zahnfleische etwas entfernt werden. Kurz, es wird ein vorher nicht vorhandener Raum zwischen Backen, Lippen und Kiefern gebildet, und zugleich durch seitliche Verkürzung der Mundapertur das zu schnelle Entweichen der in jenem Raume befindlichen, in Mitschallen oder Mitrauschen versetzten Luft verhütet. Daher ist der **Sch**-Laut viel voller, obwohl weniger scharf, als der **S**- und **Sh**-Laut, weshalb er auch zum Ruhegebieten angewandt werden kann.

Noch ist es nöthig, dass wir den Mechanismus des **Sh** einer Vergleichung mit dem **G** moll-Mechanismus, mit dem derselbe die nächste Verwandtschaft hat, unterwerfen. Bei beiden Sprachlauten ist der mittlere Theil des Zungenrückens dem harten Gaumen so weit genähert, dass es zur Schall- oder Geräuschritzenbildung kommt: allein beim **G** wird die Zungenspitze bis zu den Un-

terzähnen vorgestossen, und so der Vordertheil der untern Abtheilung der Mundhöhle ausgefüllt, dass keine Brechung der Luft an den Unterzähnen, keine Resonanz zwischen denselben und der Zunge stattfinden kann: beim **Sh** ist dagegen die Zungenspitze ein Stück hinter die untern Schneidezähne gezogen, die Luft dringt in den zwischen Zunge und Unterzähnen gelassenen Raum ein, und bricht sich an den Kanten dieser Zähne. Je nachdem der Unterschied im Mechanismus dieser beiden Konsonanten mehr oder weniger beobachtet wird, tritt auch natürlich der Unterschied im Laute mehr oder weniger hervor; zuweilen ist man, besonders bei Italiänern, nicht genau im Stande, zu unterscheiden, ob ein gegebener Laut **G** oder **Sh** zu nennen sei. Demnach lässt sich Schritt für Schritt ein Uebergang von **G** durch **Sh** bis zu **Sch** nachweisen, was für die Kombination dieser Laute mit andern, besonders mit **D** und **T**, von Wirklichkeit ist.

Das **Sh** entspricht offenbar dem Hebräischen Sin שׂ, das **Sch** dem Schin שׁ. Auf diese Art glaube ich wenigstens die Schwierigkeiten, die die Grammatiker bei Erklärung dieser beiden Schriftzeichen fanden, und die Seyffarth damit zu erledigen suchte, dass er nur Ein ש, als **Sch**, annahm, am wahrscheinlichsten beseitigt zu haben. Im Sanskrit wird **Sh** nicht besonders unterschieden. Auch das englische **Sh** mag wohl nicht immer so, wie hier angegeben, sondern mehr, wie unser **Sch** ausgesprochen werden. Ob die feinere englische Gesellschaft den **Sch**-Mechanismus unästhetisch findet, weiss ich nicht. Die Franzosen distinguiren dagegen völlig bestimmt: das **sh** bezeichnen sie durch **j** (z. B. *jamais*), das **sch** durch **ch**. Die Italiäner pronunciren (in der gebildeten Sprache) ihr **sc** bloss wie **sh**, ein besonderes Zeichen für **sch** haben sie nicht, wenn nicht ihr **sci** dafür vikarirt, wie mir allerdings wahrscheinlich vorkommt.

Allerdings liegen zwischen dem **Sh**- und dem **Sch**-Mechanismus sehr viele Zwischenstufen: etwas von der Lippenvortreibung und Wulstung lässt sich wohl bei nicht sehr grosser Aufmerksamkeit auf das Sprachorgan niemals ganz verbergen. Daher habe ich auch in meinem natürlichen Alphabet das **Sh** nicht als ein besonderes Zeichen, sondern als zum **Sch** gehörig, aufgeführt.

Es sei mir jetzt erlaubt, etwas über den Ursprung der sonderbaren Schriftzeichen für die in Rede stehenden Sprachlaute vorzubringen. Nur in den ältesten Sprachen, den orientalischen, finden wir das **Sh** und **Sch** durch einfache Zeichen ausgedrückt. Die späteren Sprachen verfielen auf den unglücklichen Gedanken, den **Sch**-Laut durch zwei Zeichen auszudrücken, von dem wenigstens das eine sehr willkührlich und widernatürlich gewählt sein musste, wie es denn immer eine sehr missliche Sache ist, einen offenbar einfachen Laut durch zwei oder mehr Zeichen ausdrücken zu wollen. Die alten Griechen setzten σχ, die alten Römer **Sc**, die alten Germanen **Sk**, oder **Sh** dafür. Im Allgemeinen ist also der Aberglaube, dass der **Sch**-Laut wirklich ein Mischling aus **S** und einem Zungengaumenlaute sei, wenigstens so und nicht anders bezeichnet werden müsse, uralt. Völker, welche selbst das Griechische χ, (das hier leider gleichfalls unglücklich für **g**moll figurirt) durch 2 Zeichen ausdrücken zu müssen glaubten, und nun auch für das **Sch** nur zwei Zeichen haben wollten, wählten nach Belieben das eine oder das andere der beiden Zeichen des **Ch**, und so entstand die Schreibart **Sc**, **Sk** oder **Sh**. Diese Schriftzeichen, so unrichtig sie auch den Sprachlaut, den sie repräsentiren sollten, bezeichneten, pflanzten sich nun, da man

wusste, was man sich dabei zu denken hatte, per usum s. abusum fort, man wählte von dem charakteristischen Anhängsel **k**, **c**, **h**, **ch** bald das eine, bald das andere, je nachdem man sich den Mechanismus des mystischen Sprachlauts so oder so vorstellte. Anders stellten es sich aber die neuern Sprachforscher vor. Grimm, wie es scheint, in dem Wahne befangen, als dürfe ein Volk deshalb, weil es das gegenwärtig allgemein recipirte Zeichen für einen gewissen Sprachlaut nicht gebrauchte, auch diesen Sprachlaut gar nicht gekannt und pronuncirt haben, nimmt alles Ernstes an, dass die ältesten germanischen Völker von dem **Sch**-Laut in ihrer Sprache noch gar keinen Gebrauch gemacht, und diesen erst mühsam und allmälig, durch Zusammenstoppelung aus **sc** oder **sk**, von welchen beiden Lauten das **k** oder **c** sich später zu **ch** „erweicht" habe, zu bilden gelernt haben. Das heisst doch der menschlichen Natur Hohn gesprochen. Ein Sprachlaut, welcher von dem sprechenlernenden Kinde so bald gebildet wird, auf den die Natur die Sprachorgane, sobald sie das Innere des Menschen zu äussern getrieben werden, von selbst hinführt, der soll gerade einem gewissen Volke, das doch sonst auch Zähne und Lippen, wie andere, später lebende Menschen gehabt hat, einige tausend Jahre lang unbekannt geblieben sein, bis es ihn endlich allmälig, und zwar wiederum auf eine ganz naturwidrige, nimmer zum Zwecke zu führen fähige Art erlernte?! Wer das glauben kann, muss von Natur- und Menschenkunde sehr schiefe Begriffe haben.

Das aber unterliegt gewiss keinem Zweifel, dass in Folge dieser so lange Zeit hindurch begangenen Fehler in der Schriftsprache endlich auch die mündliche Sprache in vielen Fällen irre geleitet werden, und das **Sch** mit dem wirklichen **sk** und **sg** verwechseln musste. Denn die mündlichen Ueberlieferungen sind im Wechsel der Zeiten manchen Einflüssen ausgesetzt, welche Aenderungen und Fälschungen hervorrufen können. Die spätern Generationen hatten am Ende gar keine andere Auktorität für Erlernung ihrer Sprache, als die schriftlichen Denkmäler ihrer Vorfahren. Dass nun während dieser spätern Jahrhunderte auch die lebendige Sprache durch die Unsicherheiten der schriftlichen Grundlagen verfälscht werden konnte, wer möchte dies leugnen? Ein Beispiel dafür scheint mir die Aussprache des **Sch** im westphälischen Dialekte zu sein, nach welchem noch heut zu Tage (ich möchte wissen, von welcher Zeit an) dieser Laut wie **sg** pronuncirt wird. Und wer (ausser mir) spricht wohl gegenwärtig die römischen Worte: *Scipio, descendo* u. dgl. m. *Schipio, deschendo* aus? obwohl ich fest überzeugt bin, dass die alten Römer so und nicht anders gesprochen haben. Das weiss ich recht gut, dass wir nimmer vollständig in allen Fällen entscheiden werden, ob zu der oder jener Zeit dies oder jenes mit σχ, **sk**, **sc**, **sh** geschriebene Wort wirklich doppellautig oder einfachlautig ausgesprochen worden ist: aber die Sprachforscher (s. auch Angermann S. 28) sollten sich auch nicht anmaassen, die für die menschliche Sprache geltenden Naturgesetze einzig und allein aus der Schrift, aus den trügerischen Nachbildungen der Menschen demonstriren zu wollen, sondern dieselben vielmehr aus der Natur selbst herleiten.

Das **S** ist mit **Sch** offenbar verwandt, und oft genug wird in der Umgangsprache **sch** gehört, wo **s** gesprochen werden sollte, besonders gilt dies von den Zusammensetzungen des **S** mit andern Konsonanten, wenn eine solche eine Silbe anlautet. Es verbindet sich aber **S** und **Sch** mit allen Konsonanten, ausgenommen **Ch** und **Ng**, als Anlaut, z. B. *Stock*,

Sprache, Slave, smart u. s. w. Immer fällt aber die Verbindung von **Sch** mit andern Konsonanten leichter, als die von **S**, und im Deutschen wird daher auch schon in der Schrift ein ausgedehnterer Gebrauch vom **Sch** in dieser Hinsicht gemacht, als vom **S**, und in der Umgangssprache muss auch in Fällen, wo **S** vorgeschrieben ist, dieses dem **Sch**, wenigstens dem **Sh** (bei Gebildeten), Platz machen. Man sagt daher z. B. *Shtehen*, *Shprache*, *Shklave* u. s. w.*). Als Silbenlaut kommt von diesen Kombinationen nur die mit den Explosivae **K**, **T** und **P** vor, z. B. *ask*, *ist*, *esp*: hier behält das **S** in der Regel auch in der Trivialsprache seine Reinheit bei. Lautet das **S** eine Silbe aus, so kann ihm jeder andere Konsonant, höchstens **V** und **W** ausgenommen, vorangehen. Die innigste Verwandtschaft hat es zum **t**, weshalb das **Z**, von dem wir später reden wollen, in den meisten Sprachen als einfacher Laut betrachtet wird. Auch hier wird es so leicht Niemandem einfallen, das **S** in **Sch** oder nur **Sh** zu verwandeln. Vom **Sch** gelten dieselben Verwandtschafts- und Kombinationsgesetze.

Das **S** ist ein wahrer Naturlaut, und nicht minder das **Sch**, welches aus diesem Grunde gewiss in allen Sprachen von Anfange an vorhanden gewesen ist. Das **S** ist unter den Konsonanten das, was das **I** unter den Vokalen. Es ist der dünnste, schärfste, höchste Artikulationslaut, und zugleich derjenige, bei welchem das sprachliche Geräusch sich am meisten dem Tone nähert. Aus diesem Grunde bedarf das **S** der tönenden Mitschwingungen der Stimmbänder nicht, es ist ein Halbvokal *per se*, und schon deshalb, weil er im Ausgange des Ansatzrohrs gebildet wird, auf weite Entfernungen vernehmlich. Er scheidet und artikulirt den Vokalstrom am schärfsten und bestimmtesten.

Das **S** dient als Ausdruck des die Sinne auf bestimmte Art reizenden, z. B. des scharfen, spitzen, sauern, so wie natürlich zur Bezeichnung der akustischen Phänomene, von denen es selbst ein Bild ist. Z. B. *spitzig*, *Essig*, *sausen*, *säuseln*, *reissen*, *süss*, *spass*. Es liebt daher die Vokale **i**, **e**, **ü**, wenn es als Charakterlaut auftritt.

Das **Sch** rauscht mehr, das zarte Gesäusel wird hier übertönt von dem breiteren volleren, Geräusche. Es ist daher mit seinem vollen Mechanismus an seinem Platze in allen Worten, welche auf diesen Sinn eingehen, wie in *rauschen*, *zischen*, *matschen*, *löschen* (weil dies mit einem zischenden Geräusche vor sich geht); ferner wo eine mit einem Geräusche verbundene Bewegung ausgedrückt werden soll, z. B. *zuscheln*, *rutschen*; als Anlaut bezeichnet es oft das Widrige, Abstossende, z. B. *Schwein*, *Scheu*, *Scheissen*, *Schande*, *Schurke*, *Schmach*, *Scham* u. dergl. Als Auslaut das Rauhe, Hastige, z. B. *Rasch*, *Barsch*, *Marsch* u. s. w.

Manche Personen können das **S** nicht anders, als als reinen S i b i l u s aussprechen, man nennt diesen Fehler L i s p e l n. Andere dagegen können es nur als **sh** oder **sch** erzeugen, und sagen also auch *ischt*, *mischt*, *raschten* u. s. w. Dass es Leute geben soll, die **F** statt **S** bilden, ist mir durchaus unwahrscheinlich, denn die Lippen kann doch gewiss jeder Mensch so weit in seiner Gewalt haben, dass er sie nach Belieben öffnet und schliesst. Die Pronunciation **sg** statt des einfachen **Sch** ist dialektische Angewöhnung.

---

*) Durchaus nöthig ist diese Umwandelung des (geschriebenen) **S** in **Sh** oder **Sch** wenn **S** die erste Silbe des Worts schliesst und auch die zweite anlautet, z. B. *aussprechen*. Hier ist das zweite **S** gar nicht anders zur Geltung zu bringen, als wenn es diese Umwandelung erleidet. Sonst zerreisst entweder das Wort entwei, oder beide **S** fliessen in eins zusammen.

N linguale, das gewöhnliche oder vordere **N**.

Das vordere oder Zungen-**N** kann ebenso wie das **L** und vordere **R** auf zweierlei Art gebildet werden, je nachdem die Zunge bei ihrer die Mundhöhle stopfenden oder nach vorn verschliessenden Bewegung die Zahnreihen berührt oder nicht. Im Sanskrit werden beide Varietäten unterschieden als **N** linguale ण und als **N** dentale न, welche dem **ń** und dem **n** Kudelka's entsprechen, und deren Mechanismus folgender ist.

1) Beiden gemeinschaftlich ist die Lage und Form des weichen Gaumens, der ebenso, wie beim **N** palatale herab gezogen und erschlafft ist.

2) Die Zungenwurzel wird sammt dem Zungenbein ein Stück höher gehoben, als beim **N** palatale. Fast die gesammte obere Fläche der Zunge kommt auf diese Art in unmittelbare Berührung mit dem Gaumen, es bleibt also zwischen beiden kein Spalt oder sonstiger Zwischenraum übrig; indessen liegt der weiche Gaumen nicht fest an, sondern vermag etwas mit zu vibriren.

3) Der vordere Theil der Zunge hat nicht allemal eine und dieselbe Lage. Bei dem **N** linguale wird er hinter dem Alveolarfortsatze an den harten Gaumen gelegt, ohne dass sich die Zungenspitze sehr ausbreitet; bei dem **N** dentale dagegen wird der vordere Theil der Zunge vorgeschoben, nach unten umgekrümmt, so dass die Spitze gegen die untern Vorderzähne gestemmt wird, und die übrigen Partien der Vorderzähne die Oberzähne und den obern Alveolarfortsatz berühren, also das ganze vordere Segment des Mundhöhlenraums von einem Eckzahne zum andern völlig von der Zunge ausgestopft wird. Beim **N** linguale ist dieser Raum freigelassen, und die Stopfung der Mundhöhle ist also nur eine partielle. Früher schien es mir, als ob beim **N**-Mechanismus der hintere Theil der Zunge nicht in völlige Berührung mit dem weichen Gaumen käme, und also ein Spalt zwischen beiden Organen bliebe: allein genauere Beobachtungen liessen mich die erstere Ansicht als die richtige erkennen. Denn man kann den **Ng**-Mechanismus unmittelbar, ohne das ein stummes **E** dazwischen tritt, in den **N**-Mechanismus überführen, und umgekehrt. Man erkennt dabei, dass das **N** nur eine Vervollständigung des **Ng** ist, immer jedoch mit dem Unterschiede, dass beim **N** die Zunge ihren grössten Druck gegen den harten Gaumen oder die Zahnränder ausübt, während der auf den harten Gaumen ein geringerer ist, auch geringer, als für das **Ng**.

Der Mechanismus des **N** linguale hat Aehnlichkeit mit dem des **L**, die Zunge wird ebenso gegen den Gaumen angelegt, nur bleibt hier ein geringer Zwischenraum zwischen Zungenwurzel und Velum; auch werden die Ränder der Zunge hinten eingezogen, so dass die Luft durch die Zwischenräume der hintern Zähne entweichen kann; beim **N** dagegen finden keine solchen Oeffnungen und Abweichungen Statt.

Beim **N** linguale bleibt also der Vordertheil der Mundhöhle offen, die Zunge ist mehr gerade in die Höhe gehoben, beim **N** dentale ist die Zunge sammt dem Zungenbein mehr vorgeschoben, als gehoben, was auf die Stellung des Kehlkopfs einen Einfluss ausübt.

Beim **N** linguale kann der Mund beliebig erweitert und verengert sein, beim **N** dentale behält er eine mittlere ziemlich enge Apertur bei.

Der Laut des **N** linguale nähert sich etwas dem des **N** palat. (s. oben), und hat sogar eine geringe Aehnlichkeit mit dem Laute des **L**; der Laut des

N dentale dagegen ist der gewöhnliche, reine, ungenäselte, volle und stark resonirende **N**-Laut.

Obgleich die tönende Luftsäule beim **N** ebenso wie beim **Ng** vollkommen vom Mundkanal abgesperrt ist, und direkt durch den Isthmus faucium passirend an der hintern Wand des weichen Gaumens vorüber in die Choanae narium streicht, um, nachdem sie sich in den Nasenhöhlen verbreitet, durch die Nares auszuströmen, so ist es für den Klang dieses Nasenlautes doch keinesweges gleichgültig, in welchen physikalen Zuständen sich die Mundhöhle befindet. Der ganze Unterschied des **Ng**-Lautes von dem **N**-Laute beruht darauf, dass bei ersterem die Luft der zum grossen Theile offenen Mundhöhle, obgleich vom tönenden Luftstrom abgesperrt, durch Leitung zum Mittönen gelangt, bei letzterem dagegen von diesem Mittönen deshalb, weil der Mundhöhlenraum durch die Zunge ganz oder zum grössern Theile ausgefüllt ist, sehr wenig (**N** linguale) oder gar nichts (**N** dentale) stattfindet. Selbst das Oeffnen des Mundes hat einen, wenn auch geringen Einfluss auf das Timbre nicht nur des **N** linguale, sondern selbst des **N** dentale. Producirt man letzteren Laut bei geschlossenem Munde, so wird man allerdings den **N**-Laut noch erkennen, und ihn vom **M** unterscheiden können, aber gewiss nicht auf weite Entfernungen. Denn die Lippen dämpfen, wenn sie geschlossen sind, den nach unten und vorn geleiteten Ton so sehr, dass von der Mundresonanz nichts mehr vernehmbar bleibt.

Zu einem vollen **N**-Laut ist vollständige Leerheit aller zum Nasenhöhlensystem gehörigen Räumlichkeiten erforderlich. Sind dieselben zum Theile verstopft, oder mit Schleim, Polypen u. s. w. ausgefüllt, so verliert der **N**-Laut in entsprechendem Grade an Klangfülle, es nimmt dann derselbe diejenige Eigenschaft an, die man durch den Ausdruck „durch die Nase sprechen“ bezeichnet. Ist die Nase vollständig verstopft, so kann **N** gar nicht mehr gebildet werden, und es tritt **D** oder **T** dafür ein, wie sich aus dem Mechanismus dieses Lautes ergeben wird.

Die Verwandtschaften des **N** linguale sind nicht bedeutend. Das anlautende **N** verbindet sich nur mit **J** zum mouillirten **N**, oder dem spanischen **N** *con tilde*, ñ, sonst mit gar keinem andern Konsonanten. Dem auslautenden **N** dagegen lassen sich **G** dur und **K** (obwohl vor diesem lieber **N** palatinum gesetzt wird), **G** moll, **S**, **Sch**, die 3 **D**, **F**, auch die 3 **B** anfügen. Nachlauten kann das **N** dem anlautenden **Ch**, **G** dur, **K**, **G** moll, **S**, **Sch**, **Th**, **D**, **T**, **F**, **M**, **Ph**, **B**, **P**; dagegen nur dem auslautenden **R** und **L**, z. B. *Ernst*, *Aln*: soll es einem andern Auslaut-Konsonanten nachlauten, so schiebt sich allemal ein kurzes **E** ein.

Der natürliche Charakter des **N** scheint sich zu beziehen auf das Abgegränzte, Konkrete, Getheilte, mit dem Nebenbegriffe bald des Annäherns, Hinbewegens, bald des des Wegnehmens, Zerstörens, z. B. νέω, *nähen*, *nennen*, *innig*, *Minna*, *Minne*, *nun*, *non*, *nein* u. s. w. In den meisten Fällen lässt sich aber nichts Charakteristisches mehr erkennen.

D. T.

Der Explosivlaut, also der letzte Laut dieser Reihe; seinem physiologischem Verhalten nach dem **G** dur sehr ähnlich. Auch in der bisherigen Lehre von diesem Laute herrscht manche Unsicherheit und Irrthum, was namentlich in der Schrift sich offenbart.

Ebenso wenig, wie bei dem **G** und **K** erkenne ich beim **D** die Nothwendigkeiten, zwischen hart und weich in der Art zu unterscheiden, wie es die Sanskrit-Sprache gethan hat, sondern verstehe unter **D** den einfachen, unter **T** den adspirirten, vom nachfolgenden Exspirationsstosse begleiteten Zungenexplosivlaut. Das **D** wird demnach aus 4, das **T** aus 3 Momenten zusammengesetzt.

1) Im ersten Moment wird beim **D** die Stimmritze durch die bekannten Muskeln geschlossen, gleichzeitig die Zunge sammt dem Zungenbein (und durch dieses dem Kehlkopfe) auf- und vorwärts, bis zur Gaumendecke und den Zähnen gezogen, ebenso weit, wie beim **R**, also höher, als beim **N**. und weiter vorwärts, als beim **K**. Das Gaumensegel ist dabei wahrscheinlich aufwärts gezogen, so dass es den Hintertheil der Zunge nicht völlig berührt. Es spielt keine besondere Rolle, ist daher in relaxirtem Zustande. Die Zungenspitze wird nach vorn geschoben, und, ebenso verschiedenartig, wie bei **L** und **N**, entweder gegen die obere, oder gegen die untere Zahnreihe, oder gegen den gleich hinter dem Alveolarfortsatz liegenden Theil der obern Kinnlade gestemmt, überhaupt so nach vorn bewegt, dass der Mundkanal luftdicht nach vorn und nach den Seiten abgeschlossen ist. Ob zwischen dem Gaumensegel und dem Zungenrücken (hinteren Theils) ein Spalt bleibt, oder ob sich während der Artikulation beide Organe gegeneinander legen, will ich vor der Hand noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden, doch scheint mir Letzteres wahrscheinlicher. Wenigstens kommt gewiss der Zungengaumenbogen in vollständige Berührung mit der Zunge. Die Distanz der Kinnladen und Lippen von einander ist wie beim **N**. Demnach ist beim **D**

2) im 2. Momente der Kehlkopf geschlossen, der Mundkanal verstopft, von der nach vorn gestemmten Zunge ausgefüllt, und der Nasenkanal, wenn gleich halb offen, doch ebenfalls von der Luftsäule der Luftröhre abgeschnitten. Also, wie beim **G** dur, vollständige Unterbrechung der Exspiration bei geöffnetem Munde.

3) Die Zungenspitze reisst sich nun von ihrer Anhaftungsstelle los, springt ein Stück zurück und abwärts, während sich gleichzeitig der Unterkiefer etwas herabzieht. Wenn nun die Glottis noch während dieser Vorgänge geschlossen bleibt, so hört man nur ein flaches, ziemlich leeres Geräusch, was durch das Losreissen der Zunge und durch das plötzliche Eindringen der Luft von aussen in den neugebildeten Mundhöhlenraum hervorgebracht wird. Dies ist das **D**, das einfache **D**, ob weich oder hart, das ist ganz egal. Erst wenn dies geschehen ist, wenn also das **D** fertig gebildet worden ist, öffnet sich in aller Stille der Kehlkopf wieder, um die Respiration fortzusetzen (was wir als 4. Moment ansehen können). So verhält es sich, wenn **D** eine Silbe schliesst. Soll sich aber ein Vokal anfügen, so öffnet sich sofort, während dieses 3. Moments, die Stimmritze, aber nur soweit, als zur Tonbildung, die gleichzeitig eintritt, erforderlich ist.

Soll dagegen **T** gebildet werden, so bleibt die Stimmritze offen, und die zurückgehaltene, durch die exspirative *Vis a tergo* stark gespannte Luft stürzt im 3. Moment mit verstärkter Tension, also gehaucht, adspirirt, durch den gleichzeitig geöffneten oder gleichsam aufgesprengten Mundkanal, ohne dabei einen Ton zu geben, und nun erst kann durch angemessene Glottisverengung ein Vokal oder ein anderer Konsonant angehängt werden. Während jener Vorgänge fällt natürlich auch das Zungenbein und der Kehlkopf wieder herab.

Das **T** ist also nichts, als ein adspirirtes, bei offener Glottis gebildetes, durch die dabei entwickelte *Vis a tergo* allerdings hart gemachtes **D**, eben-

so wie **K** ein adspirirtes **G** dur. Vergleichen wir das **D** noch weiter mit dem **G**, und dann die Explosivae mit den Nasales, so werden wir ferner finden, dass sich das **D** zum **G** dur hinsichtlich seines Zungenmechanismus gerade so verhält, wie **N** zu **Ng**. So wie **Ng** bei verstopfter Nase in **G** dur, so geht **N** unter gleichen Verhältnissen in **D** über, und in gleichem Verwandtschaftsverhältnisse steht **M** zu **B**, wie wir später sehen werden. Das Verkennen dieser Verwandtschaft hat Kudelka viel Konfusion bereitet.

Die Grade der sogenannten Härte oder Weichheit des **D** hängen von der Stelle des Mundkanals ab, gegen welche die Zunge vorzugsweise angedrückt wird. Den grössten Nachdruck vermag die Zunge ihrer Organisation nach zu entwickeln, wenn ihre Spitze gegen den obern Zahnrand gestemmt wird. Dann krümmt sich dieselbe nach oben, der hinter der Spitze liegende Zungentheil schmiegt sich in den Zwischenraum zwischen den Vorderzähnen beider Kiefer, und legt sich gegen den untern Zahnrand mit geringerer Kraftäusserung an. Ein etwas weicheres **D** entsteht, wenn die Spitze der Zunge sich abwärts krümmend gegen die untern Schneidezähne stemmt, und der nächstfolgende Zungentheil sich mit gewölbter oberer Fläche in den Interdentalraum und gegen das obere Zahn- und Alveolarbogensegment anlegt*); ein noch schwächeres **D** endlich wird zur Erscheinung kommen, wenn die beiden vordern Zahnbogensegmente gar nicht von der Zunge berührt werden, sondern die Zungenspitze sich, wie beim **L** oder **N** linguale gegen den Vordertheil des harten Gaumens aufkrümmt. Denn im letzteren Falle muss die Zunge ohne Gegenhalt sich frei in der Mundhöhle heben, und in einer ihr unbequemen Haltung gegen eine zu ihrer Normalaxe schief stehende Fläche anstemmen. In der Regel bewegt sich daher die Zunge in der ersten der genannten Richtungen mit mehr oder weniger Nachdruck gegen die hintere Fläche der oberen Schneidezähne, oder, wo diese fehlen, des Alveolarfortsatzes. Obgleich es also dergleichen Grade der Härte des **D** giebt, so sind sie doch zu sehr zufällig, willkührlich und unwesentlich, als dass wir sie durch verschiedene Zeichen zu unterscheiden nöthig hätten. Wir kommen noch einmal auf diesen Gegenstand zurück.

Kudelka unterscheidet seinem Systeme zu Liebe drei **D T**-Laute, welche den 2., 3. und 4. seiner Schauplätze einnehmen. Das 1. **D** entsteht mittels der Zungenspitze, das 2. mittels des Zungenrückens, das 3. noch weiter hinten durch Zusammenballung der Zunge.

Alle unsere drei **D** lassen sich adspiriren, d. h. zu **T** verstärken, sie lassen sich aber auch ohne Adspiration nach Willkühr schwach oder stark erzeugen. Demnach sind die Modifikationen dieses Explosivlautes noch zahlreicher, als die des **G** dur- und **K**-Lautes. In keiner Sprache sind sie vollständig unterschieden und ausgedrückt worden. Das Sanskrit unterscheidet vier linguale (palatale) und vier dentale Explosivlaute, welche beide Klassen Bopp durch einen unter die lingualen gesetzten Punkt unterscheidet. Jede Klasse enthält ein **d**, ein **t**, ein **dh** und ein **th**. Ob das Sanskrit bei der dentalen Klasse den von mir angeführten Unterschied des Zungenmechanismus anerkannt habe, lässt sich wohl schwerlich entscheiden. Im Arabischen haben wir wenigstens vier Buchstaben, welchen der **D**-Laut zu vin-

---

*) v. Kempelen rechnet diese Pronunciationsart des **D** unter die Fehler, die beim **D** begangen werden; besonders dumme und blöde Individuen sollen das **D** auf diese Art bilden.

diciren ist, nämlich د (Dal) = **d** dentale, ص (Zad) = **d** linguale, ط (Ta) = **T** linguale, und ت (Te) = **T** dentale. Diesen entsprechen ebenso viele Produktionen in **Dh** und **Th**, s. oben. Ich kann und will mich hier nicht in specielle Gründe einlassen, warum ich den angeführten arabischen Buchstaben diese Laute unterlege. Wer eine physiologischere Dollmetschung zu geben vermag, der soll mir sehr willkommen sein: auf „historischem" Wege ist gar keine möglich. — Die Araber scheinen also auch ihre weichen **D** nicht adspirirt, wohl aber producirt zu haben. Zu bemerken ist hier noch, dass die lingualen **D**-Laute des Sanskrit und anderer hindostanischen Sprachen tiefer oder weiter hinten in der Mundhöhle gebildet wurden, als die lingualen des Arabischen, und die von uns unter diesem Namen adoptirten. Die indischen Sprachen unterscheiden neben ihrem lingualen **D** und **T** zwei dentale, von denen das eine unserem (und dem arabischen) Lingualen entspricht. Die meisten übrigen Sprachen unterscheiden nur Ein **D** und ein **T**. Ich glaube, man hat daran genug, d. h. die lingualen (palatalen) **d**- und **t**-Laute sind entbehrlich.

Die Verwandtschaften des **D—T** sind zahlreich und wichtig. Das anlautende **D** (alles was vom **D**, gilt auch vom **T**, nur dass bei diesem wegen der sich einschiebenden Adspiration die Verbindung nicht so unmittelbar und innig ist) verbindet sich mit beiden **R**, **G** moll, **J**, **L**, **S**, **Sch**, **V**, **W**, **Ph**, **F**, **M**. Dem anlautenden **D** lässt sich wenigstens, ohne dass ein Zwischen-**E**-breve nöthig ist, **R**, **G** moll, **L**, **S**, **Sch** anhängen, und zwar so, dass beide Konsonanten verstanden werden können. Dagegen wenn **D** oder **T** den Auslaut einer Silbe bildet, kann ihm jeder Konsonant (mit einziger Ausnahme des **W**) vorhergehen. Die stärkste Verwandtschaft hat **D** bekanntlich zum **S**, mit dem es einen halbeinfachen Laut **Z** bildet, auf den wir später zurückkommen.

Fehlerhaft soll nach Kempelen das **D** klingen, wenn die Zungenspitze an die Unterzähne gesetzt wird. Sonst kommen Verunstaltungen oder Verwechselungen (mit **G** dur und **K**) höchst selten vor, wohl nur, wenn die Zunge zu kurz ist. Die Stotternden haben Mühe, das anlautende **D** in den nachfolgenden Vokal überlauten zu lassen.

Die natürliche Bedeutung des Lippen-Explosivlautes ist schwer wiederzuerkennen. Es scheint das **D**, ähnlich der Trennung des Exspirationsstroms, ein Trennen, Theilen, Abgeben, andrerseits ein widernatürliches Verweilen und Häsitiren auf einem Flecke auszudrücken. Z. B. die Wurzel *Tud*, *tödten*, τιδημι, διδωμι, *dudeln*, *stottern*, *zittern*.

3) Vordere Konsonanten, Labiales. **V. W. Ph. F. R** labiale. **M. B—P.**

Bei diesen Sprachlauten verhalten sich Gaumen und Zunge ziemlich passiv, die Mundhöhle ist ziemlich geräumig, um die nöthige Luft aufzunehmen: der specifische Mechanismus wird durch die Lippen erzeugt. Es sind diejenigen Konsonanten, welche am leichtesten ad oculos zu demonstriren sind, mit welchen daher auch beim Taubstummenunterricht gewöhnlich der Anfang gemacht wird.

V. W. Ph. F.

Diese vier Konsonanten werden, ihrer Aehnlichkeit wegen am zweckmässigsten zusammen gestellt und betrachtet. Die Grammatiker nennen sie Spirantes, weil bei ihnen der Athem durch die Lippen geblasen wird. Es ist nicht leicht, die physiologischen Unterschiede dieser Laute aufzufinden. Das **V** ist der Spirant ohne, das **W** der Spirant mit Stimmbänderschwingungen, das **Ph** ist ein protrahirtes **B** oder ein **V** mit anfänglichem Lippenschluss, das **F** ist der harte oder adspirirte Spirant (wenn wir uns diese Tautologie erlauben dürfen). Von der Mitwirkung der Glottis abgesehen ist daher der Mechanismus dieser drei Sprachlaute so ziemlich ein und derselbe.

1) Der weiche Gaumen und die Zunge befinden sich in ihrer zweiten Indifferenzstellung, wie sie nämlich beim **H** stattfindet. Doch ist die Zungenspitze mehr, so ziemlich bis zu den untern Schneidezähnen, vorgeschoben, um den Mundkanal nach der Mundöffnung zu mehr zuzuspitzen und den Luftstrom zu koncentriren. Das stabile Ansatzrohr ist völlig abgesperrt.

2) Die Kiefer sind etwa so weit, wie bei **e**, **l**, **r**, **t** u. s. w. geöffnet.

3) Die Lippen werden an ihren Wurzelstellen fixirt, und durch die Mm. levatores et protrusores etwas, am Merklichsten beim **W**, nach aussen umgestülpt, gleichzeitig aber die Winkelpartien ihrer Ränder durch den Sphincter etc. mässig gegen einander gedrückt, so dass nur beide mittlern Dritttheile der Lippen durch einen engen, in der Mitte etwa ½''' dicken Spalt von einander getrennt bleiben. Beide Lippen stehen einander nicht genau gegenüber, die untere wird etwas hinter die obere gezogen. Dieser Spalt ist offenbar weit enger, und lässt weit weniger Luft durch, als auch nur Ein Nasenloch.

4) Gleichzeitig wird der Exspiratiosstrom mit einiger aktiven Kraftentwickelung in die Mundhöhle getrieben. Hier wird die Luft, da der Mund bis auf eine verhältnissmässig ziemlich kleine Spalt geschlossen ist, verdichtet, und die Backen dadurch etwas aufgetrieben. Die Luft strömt zu der Mundspalte heraus, welcher Vorgang mit einem mässigen Wehen begleitet ist. Es ist nöthig, die Lippen so weit zu verengen, dass wirklich die Luft mit einem Geräusch durchströmt, namentlich beim **V**, welches sonst ganz unhörbar bleiben würde. Dieses Geräusch lässt sich bei gleichbleibender Mundöffnung durch Verstärkung des Exspirationsdruckes hörbarer darstellen.

Der charakteristische Unterschied des **V** vom **W** ist, dass bei letzterem die gleichzeitige phonatorische Mitwirkung der Stimmritzenbänder dazutritt; vom **F** unterscheidet sich das **V** dadurch, dass bei letzterem die Lippenränder so ziemlich gerade auf- oder über einander stehen, beim **F** dagegen der untere hinter den obern gezogen wird; dabei wird die Unterlippe gegen die Oberzähne so weit angezogen, dass sie die Schneide derselben mit ihrer mittlern Längenzone berührt, doch so, dass in der Mitte dieser Berührungslinie eine kleine Längenspalte bleibt; beim Bilden des **V** soll nach Angermann die Berührung etwas tiefer auf der innern Seite der Unterlippe, und noch tiefer als beim **V** soll die Berührung beim **W** stattfinden. Bei der Bildung des **F** ist das Anlegen der Unterlippe an die Oberzähne fester, das Zurücktreten derselben von den Oberzähnen zu Ende der Artikulation gewaltsamer, als bei der **V**-Bildung, bei welcher wiederum jenes

Anlegen fester, und das Zurücktreten gewaltsamer ist, als bei der Bildung des **W***). Nach meinen Versuchen sind bei **V** und **W** die Oberzähne nicht betheiligt, nach Kempelen wenigstens beim **W** nicht. Das **V** hält Letzterer irrthümlich für ein vokalisirtes **F**.

Beim **Bh** oder **Ph** tritt zum **V**-Mechanismus noch der Schluss der Lippen. Während nämlich beim **V** die Lippen bereits von einander getrennt worden sind, sobald der Luftstrom gegeben wird, sind hier die Lippen zu Anfange oder im ersten Momente der Luftgebung ziemlich fest geschlossen, um im zweiten Moment sofort sich ein wenig zu öffnen, und die Luft in derselben Art, wie beim **V**, herausströmen zu lassen. Es ist also keine Adspiration, die den Lippenschluss auf- und ablöst, also kein **P**, sondern dieselbe Exspirationsbewegung, welche bereits während des Lippenschlusses begann, setzt sich, ohne einen neuen Stoss von unten oder sonst her zu erleiden, während des Geöffnetseins des Mundes, also mit gleichbleibender Tension der Luftsäule, fort. So ist **Ph** eine Litera continua s. Explosiva protracta, producta, und verhält sich zu **B** ebenso, wie **Ch** zu **G** dur, und **Th** zu **D**; die Lippenstellung bleibt die des **V**; bei **P** dagegen springen die Lippen durch den Exspirationsstoss auseinander. Doch glaube man nicht, dass sich das **B** so leicht naturgemäss in das **Bh** protrahiren lasse, weit leichter geht es in **W** über, z. B. *awer* statt *aber*.

Beim **F** besteht also das Specifische seines Mechanismus darin, dass zwischen den Lippen und Oberzähnen eine ganz andere Schallritze gebildet wird, als bei **V**, **W** und **Ph**. Es wird nämlich die Oberlippe, während ihre Insertion fixirt ist, vermöge der Levatores labii super. ein wenig aufwärts und auswärts gezogen, ohne dass die Mundwinkel ihre normale Lage verändern. Die Unterlippe wird, wenn wir uns den Mnnd vorher als geöffnet vorstellen, aufwärts gezogen, ohne nach auswärts sich zu kehren; vielmehr kehrt sie sich über die untern Schneidezähne einwärts, und kommt also etwas hinter die Oberlippe und unter die obern Schneidezähne zu stehen. Die Schallritze wird von der Unterlippe und dem untern Rande der obern Schneidezähne gebildet, ist sehr schmal, und so beschaffen, dass die aus ihr hervorströmende Luft sich an der schief wie ein Wetterdach vorhängenden Oberlippe brechen und stark reiben muss. Wo die Oberzähne fehlen, wird die Oberlippe höher aufwärts gezogen, und die Unterlippe bis zum obern Alveolarrand gehoben, zwischen welchen beiden Organen die Schallritze gebildet wird.

Bei diesem Mechanismus ist kein so starker Exspirationsdruck zur Erlangung eines zum sprachlichen Verständniss hinlänglichen Geräusches erforderlich, wie beim **V** und **Ph**, weil die Luft hinlängliche Brechungs- und Reibungselemente vorfindet. Uebrigens ist auch die Lippendisposition beim **V**, **W** und **Ph** nicht ganz eine und dieselbe. Beim **W** kommt es von Haus aus gar nicht darauf an, zwischen den Lippen ein Geräusch zu bilden, da der Kehlkopfton hier schon ein hinlängliches Schallelement darstellt. Deshalb ist beim **W** die Mundöffnung immer etwas grösser, die Lippen werden weniger gegen einander gedrückt, als beim **V** und **Ph**, wo die Schallritze enger sein und die Lippen stärker gegen einander gedrückt werden müssen, um die nöthigen Brechungselemente hervorzubringen. Wie dies Letztere bewirkt werde, ist ziemlich gleichgültig, wofern nur die Schall-

*) Angermann S. 23. 24.

ritze von beiden über- und gegeneinander gelegten Lippen, nicht von der Unterlippe und den Oberzähnen gebildet wird.— Uebrigens verhält sich **V** zu **F** ziemlich so, wie **sh** zu **sch**. Bei **sh** und **V** bleiben die Lippen in ihrer regelmässigen Lage, bei **sch** und **F** werden sie gegen einander verrückt, und in der Regel mehr oder weniger verunstaltet.

Das **W** ist nichts anderes, als ein mittels der Lippen in die Enge getriebenes **U**: es ist dies der dritte Punkt, wo der Vokalismus in den Konsonantismus übergeht.

Vergleichen wir jetzt diese Sprachlaute mit den dafür in den verschiedenen Sprachen gesetzten Zeichen, so fällt uns zuerst auf, dass das sonst so fein distinguirende und an Sprachlauten so reiche Sanskrit gar keine besondern Zeichen weder für **V**, noch für **F**, noch für unser **Ph** hat. Nur das **W** hat es durch das Zeichen व ausgedrückt. Eben so wenig scheinen die übrigen orientalen Sprachen die Lippenspiranten zu lieben. Im Hebräischen scheint das Beth raphatum unserem **Bh** oder **Ph** zu entsprechen. Seyffarth (über die ursprünglichen Laute der hebräischen Buchstaben. Leipzig 1824) behauptet geradezu, dieses ב sei wie **w** auszusprechen. Im Altgriechischen scheint φ bald **ph**, bald **f** bezeichnet zu haben, denn das υ ist wohl immer nur entweder das Zeichen für **u** oder für unser **v** gewesen. Die Römer hatten kein **W**, nur **V**, welches bei ihnen den Uebergang der Vokale (**U**) zu den Konsonanten vermittelte, und daher oft für **u** vikarirte, ebenso wie **J** für **I**. Beide Konsonanten wurden daher schon damals **I** und **U** consonans genannt, eine Benennung, die sich für das **J** noch im Französischen bis jetzt erhalten hat. Die Italiäner setzen statt des altgriechischen **Ph** stets **F**, die andern neuern Sprachen haben das **Ph** in den aus dem Griechischen stammenden Worten beibehalten, ohne es in der Regel anders, als **F**, auszusprechen. Die Russen haben bloss ihr Ф, das ihnen **Ph**, **F** und **V** zugleich sein muss.

Ueberhaupt wird gegenwärtig wohl fast von keinem Volke ein bestimmter Unterschied in der Aussprache des **V**, **Ph** und **F** gemacht, obgleich sich ein solcher, wie wir gezeigt haben, recht gut machen lässt, und gewiss auch von den Völkern, welche zuerst diese Sprachlaute bezeichnet haben, gemacht worden ist. Es kommt hier lediglich auf die Gewohnheit an. So gut wie man **sh** von **sch** unterscheiden kann und soll, so kann und sollte man auch **V** von **F** unterscheiden, zumal da viele Personen das **F** nicht anders, als mit einer ziemlichen Lippenverunstaltung produciren können, welche bei richtiger Erzeugung des **V** durchaus wegfällt. Eine andere Frage ist, ob wir das **Ph** in seiner naturgemässen Produktion beibehalten oder vielmehr wieder einführen sollen. Die neuern Sprachen haben es in den ihnen eigenthümlichen Worten nicht für nöthig befunden. Aus diesem Grunde, so wie deshalb, weil das naturgemäss gebildete **Ph** immer nur einen schwachen, nicht weit vernehmlichen, Sprachlaut abgeben dürfte, halte ich es vor der Hand für unnöthig, die aus dem Griechischen oder aus semitischen Sprachen stammenden Worte, in denen das so geschriebene **Ph** vorkommt, anders, als bisher, d. h. mit **F**, auszusprechen. Demnach würde das **Ph** vorläufig nur im natürlichen Alphabete, nicht aber in dem mündlichen Alphabete der lebenden Sprachen, eine Stelle finden.

Ueber die assimilirende oder umlautende Verwandtschaft des **W** zu **B** sprechen wir weiter unten.

Jetzt haben wir zu untersuchen, in welchen Fällen das **V**, und in welchen **F** an seinem Platze ist.

Das **V** ist offenbar kein von allem Anfange sprachlicher Mittheilung an vorhanden gewesener Sprachlaut, sondern ein Mittellaut zwischen **U** und **B**, der gewiss später, als diese beiden entstanden ist. Er vikarirt also immer entweder für den einen oder für den andern dieser beiden Laute. So ist *Vater* aus *Pater* entstanden, so überhaupt die ganze Differenz in der Aussprache der mit υ zusammengesetzten griechischen Diphthongen. Deutsche Wurzelwörter mit **V** giebt es gar nicht. Wir haben so wenig deutsche Silben und Wörter, in denen **V** vorkommt, dass man sie auf eine Zeile schreiben kann, nämlich: *ver-*, *Vieh*, *viel*, *vier*, *Vogel*, *voll*, *Volk*, *von*, *vor*. Alle andern Wörter sind fremden und späteren Ursprungs, z. B. *Vater* (Vetter) vom griechischen πατηρ, *Vogt* (vocatus), *Vettel* (vetula), *Velten* (Valentinus) u. s. w. Anders, als zu Anfang einer Silbe, also einen Vokal anlautend, kommt das **V** im Deutschen und wohl auch in andern Sprachen nicht leicht vor, aus dem natürlichen Grunde, weil man es zu Ende einer Silbe nicht hörbar machen kann. Lautet das **V** eine zweite Silbe an, wie in den romanischen Sprachen so oft geschieht, so ist gewiss allemal der vorausgehende Vokal lang, nie kurz betont. Daher lässt sich **V** nicht verdoppeln: in solchen Fällen tritt allemal **W** (Doppel-**V**), **BB** oder **FF** dafür ein. Das **W** Zeichen ist offenbar durch Verdoppelung des **V** entstanden, obgleich der **W**-Laut durchaus keine Verschärfung des **V** ist, sondern ein ganz neuer Sprachlaut. In den slavischen Sprachen wird vom **V** ein grösserer Gebrauch gemacht. Dem anlautenden **V** kann recht gut **L**, auch **R** und **S** (aber nicht **Sch**) nachfolgen, andere Konsonanten wohl schwerlich. Wenn **V** eine Silbe auslauten soll, so muss immer ein stummes **E** nachfolgen, wenn das **V** hörbar werden soll, ohne in **F** auszuarten; übrigens kann einem solchen auslautenden **V** ein **R**, **L**, **N**, **M**, **S**, **B** vorausgehen.

F ist schon ein derberer Laut, der sich mehr gebrauchen lässt, als das zärtliche, schwankende **V**. Dem anlautenden **F** kann vorangehen **G** dur— **K**, **S**, **Sch**, **D**—**T**, **B**—**P**; nachfolgen **R**, **G** moll, **L**, **N**, **D**—**T**, **Th**, selbst **W**, **M** und **B**—**P**. Dem auslautenden **F** kann vorausgehen **Ch**, **R**, **Ng**, **G**—**K**, **N**, **D**—**T**, **L**, **S**, **M**, **B**—**P**, nachfolgen ohne allen Zwischenvokal die Explosivae und **S**, die übrigen mit vorausgehendem **E** oder **I** mutum.

W ist etwas difficiler in seinen Kombinationen, wir haben etwa **Wr**— und **Wl**—, ferner **Gw**—, **Kw**—, **Dw**—, **Bw**—, **Fw**—, **Sw**—, **Schw**—; als Auslaute höchstens —**lw** und —**rw**, und —**wl**, —**wr**, letztere aber auch nicht ganz ohne Zwischenvokal. Mit vorausgehendem Vokale kommt **W** wohl nur in den slavischen Sprachen als Auslaut vor.

Als Naturlaute können wir also nur **W** und **F** anerkennen; das **W** nehmen wir hier jedoch als äquivalent dem Lateinischen und Romanischen **V**. Dasselbe drückt offenbar das Wehen, Blasen, in der Luft Bewegen oder Fortschaffen aus; ferner Körper- und Gemüthsaffekte, die mit langsamer, schwerer Respiration begleitet sind: hierher gehört bei vielen Völkern sogar das Fragen, Wünschen u. dgl m. Beispiele: *Ventus*, *Wind*, *Wah* (Sanskrit, s. v. w. blasen, bewegen), *vado*, *waden*, *voco* (Sanskrit *vac*), *vago* (*vag* Sanskrit), *Wehe*, *schwer*, *quis*, *quaero*, *was*, *warum*, *werth*, *virtus* u. s. w.

Das **F** hat einige Aehnlichkeit als Naturlaut mit dem **W**, nur drückt es stärkere, markirtere, mehr transcendente Ideen aus, wenn auch nicht in

der Ausdehnung, wie **W**. Charakteristisch scheint mir z. B. das **F** in *Riff, Gift, Affe, Laffe, Schuft, Luft, filum, pfui* u. v. a.

Von Fehlern, die bei der Aussprache dieser Sprachlaute begangen werden, dürfen wir eigentlich erst dann reden, wenn die Unterschiede dieser Konsonanten wirklich anerkannt und beobachtet werden. Lippenfehler verschiedener Art erschweren die Pronuncirung derselben, oder machen sie ganz unmöglich. Das **W** soll zuweilen mit **B** vertauscht werden.

R labiale.

Dieser Sprachlaut, welcher nur von einigen afrikanischen Völkerstämmen angewandt wird, soll hier nur angeführt werden, um zu zeigen, dass auch der Zitterlaut, ebenso wie der Nasenlaut und Explosivlaut, auf allen drei Gebieten oder Zonen des Artikulationsorgans vorkommen kann. Man kann einfach mit den zusammengelegten Lippen oder mit gleichzeitig bis hinter die Lippen vorgestreckter Zungenspitze einen schnarrenden, dem **R** etwas ähnlichen, schlecht klingenden, durch Zungenschwingungen der Lippenränder gebildeten (vergl. S. 566) Laut hervorbringen, der sich aber nicht gut mit dem Kehlkopftone verbinden lässt, und wohl von keinem gebildeten Volke jemals für sprachdienlich gehalten werden dürfte

M.

Der Lippennasallaut. Der einfachste, leichteste Sprachlaut, den es giebt, und den, nebst dem **A** und **B**, das Kind zuerst sprechen lernt.

Der Mund ist geschlossen, ohne dass die Lippen gegeneinander drücken, die Zunge liegt ruhig und flach auf dem Grunde der Mundhöhle, das Gaumensegel hängt gegen die Zungenwurzel herab, und wird von der Luftsäule in dieser Lage erhalten. Die Luft streicht also durch die Choanen in die Nasenhöhle, wie beim **N**, aber sie dringt auch zum Theil und resonirt in dem nicht unansehnlichen Mundhöhlenraum, und kann sogar die Lippen in Vibrationen versetzen. Vom **N** palat. unterscheidet es sich aber nicht nur durch den Mundschluss, sondern auch dadurch, dass die Zunge beim **M** nicht geflissentlich und mit einigem Nachdruck gegen das Gaumensegel gehalten wird, sondern indifferent liegen bleibt; vom **N** lingu. dadurch, dass der Mundhöhlenraum nicht durch Aufsteigen der Zungenspitze beschränkt wird.

Man kann beide **N**-Laute mit geschlossenem Munde produciren, sie werden dann allerdings etwas vom **M** annehmen, aber doch immer noch ihre Eigenthümlichkeit behalten, so lange nicht die Zunge in die Tieflage gebracht wird. Es scheint, als ob der Abschluss der Mundhöhle von der Rachenhöhle kein vollständiger sei, dass also ein Theil der Luft durch den Isthmus oris in die Mundhöhle dringe, daselbst resonire, und in die Schlundhöhle zurückgebrochen werde. Beim **N** dagegen findet kein Uebergang der Luft in die Mundhöhle statt.

Das Charakteristische des **M** ist also Passivität aller Sprachorgane bei aktiver Stimmritze. Kein Konsonant ist so absolut stumm in der leisen Sprache, als dieser. Der Name Konsonant passt also für diesen Sprachlaut gar nicht. Richtiger wäre Resonant. Denn alles Hörbare, was das **M** zur Erscheinung bringt, beruht auf den Schwingungen der Stimmbänder, auf der tönenden Luftsäule, welche durch die Resonanz in sämmtlichen Räumen des Ansatzrohrs ihr Timbre erhält, ohne dass in letzterem nur das geringste neue Geräusch sich hinzu gesellte. Man könnte das Ansatzrohr, wie es

sich beim **M** verhält, mit einem Fagott, dessen Löcher sämmtlich geschlossen sind, vergleichen, und in der That hat auch der Fagottton etwas **M**-artiges.

Manche Sprachforscher rechnen das Anusvara des Sanskrit zum **M**-Laut. Richtiger gehört dieses dem **N** palat. an, und ist seinem Wesen nach wohl dem französischen **n**, wenn es den Auslaut eines Wortes bildet, analog. Sonst wird uns das **M**, so weit es der Schrift angehört, nicht viel zu schaffen machen. Es ist ein so handgreiflicher, nicht leicht verstümmel- oder verwechselbarer Laut, der auch durchaus nicht auf verschiedene Art sich erzeugen lässt, so ein Ursprachlaut, an dem sich nichts rücken und tifteln lässt, dass in allen Sprachen nur Ein Zeichen dafür existirt. Dennoch kann Bindseil, der überall das Trennmesser und die Spaltbacke anlegen muss, sich nicht enthalten, auch hier Varietäten und Gradationen zu entdecken. Er spricht von einem dunklern und hellern, und von einem schwach und einem stark „gehauchten" **M**. Allerdings klingt **M** als Anlaut stärker, als als Auslaut, stärker in *Mater*, als in *Gram*, *Kochem*. Wo aber hier das Hauchen herkommen soll, weiss ich nicht. Vielleicht haucht Bindseil durch die Nase, meinetwegen, ich und andere Leute gebrauchen den Mund dazu.

Das **M** leidet als Anlaut keinen Konsonanten hinter sich. Im Griechischen kommt zwar μναω, Μνημων u. a. m. vor, aber ich will diese Kombination nicht andern Sprachen zum Muster aufstellen. Dagegen kann vor dem **M**-Anlaut stehen **Ch**, **G**—**K**, **G** moll, **S**, **Sch**, **D**, **T**, **Th**, **F**, **Ph**, **B**, **P**. Dem Auslaut-**M** lässt sich nur **R** und **L** so voranstellen, dass eine wirklich gut gefügte und vernehmliche Lautkombination daraus hervorgeht; nachsetzen lässt sich dem auslautenden **M** nur **S**, **Sch**, **F**, die Explosivae, und ziemlich gut die Protractae.

Das **M** als Naturlaut drückt Verwunderung, Zusammenfügung, sinnliches Verlangen, Schmeicheln, kindliche Annäherung aus. *Hm*, *meus*, *Mama*, *amo*, *Ammon*, *Lamm*, *Rammeln*, *sammeln* u. s. w.

Der **M**-Laut klingt gestopft, wie ein Waldhornton, wenn einer oder der andere der Sprachresonanzräume verstopft ist. Ist die Nase völlig verstopft, so ist derselbe gar nicht möglich, und es tritt dann **P** dafür ein. Von diesem, als dem letzten einfachen Sprachlaut, soll jetzt die Rede sein.

B. P.

Der Labialexplosivlaut, und als solcher der Letzte in der ganzen Reihe. Sein Mechanismus ist, wie der des **M**, sehr einfach: **P** entsteht, wie schon zu Ende des vorigen Kapitels angedeutet wurde, dadurch, dass im ersten (nur bei vorher offenem Munde vorhandenen) Moment das Gaumensegel hinterwärts gezogen, die Zunge niedergelegt, und der Mund (aber nicht die Kiefer: die Zähne lassen eine mässige Spalte zwischen sich) geschlossen wird, im zweiten beide Lippen gegen einander gedrückt werden, im dritten durch die mit einem gewissen Nachdruck in die Mundhöhle getriebene und stärker durch die exspirative *Vis a tergo* gespannte Luft, so wie durch die gleichzeitig wirksame Thätigkeit der den Unterkiefer nach unten ziehenden Muskeln die sphinkterische Aktion der Lippenmuskeln überwältigt wird. Der **B**-Mechanismus dagegen setzt mit Glottis- und Mundlippenschluss ein; die Glottis öffnet sich aber im dritten Moment noch nicht, nur der Mund durch die Muskeln, welche dazu besonders

bestimmt sind; erst nach Vollendung dieser Bewegung wird die Stimmritze geöffnet und die Respiration fortgesetzt. Alles dies ist das Werk eines Augenblicks. Die Zunge hat mit dem Wesentlichen des **B**-Mechanismus nichts zu thun: eine Thatsache, die man denjenigen, die das Wesen jeder Artikulation, also auch der Fehler, die dabei gemacht werden, z. B. beim Stottern, in der Zunge suchen, nicht oft genug wiederholen kann. Vergl. auch den Mechanismus von **G** dur und **D**.

Das Charakteristische des **B—P** ist also der Lippenschluss und dessen Aufhebung: ein sehr komplicirter Mechanismus, über den bereits früher (S. 252 ff.) die Rede gewesen ist. Ausser den sogenannten Kaumuskeln sind beim Lippenschluss, wenigstens beim artikulatorischen, die innern Partien des Orbicularis oris, die Zygomatici, die Levatores, Depressores etc. in ihrer gegenseitigen Wirkung thätig.

Im zweiten Momente werden die Lippenränder in der Regel etwas einwärts gerollt, wodurch das Gegeneinanderpressen befördert wird. Beim **P** ist dieser Zusammendruck entwickelter, als beim **B**. Uebrigens können die Lippen auf ziemlich verschiedene Art gewulstet, gestülpt, verzogen und sonst gestaltet werden, ohne dass dadurch der **B**-Mechanismus verhindert würde.

Im zweiten Momente des **P**-Mechanismus wird ferner in gleichem Maasse, als die Lippen komprimirt werden, die Mundhöhlenluft komprimirt, und die nachfolgende Adspiration ist dann eine um so heftigere, härtere. Diese Kompression der Mundhöhlenluft geschieht dadurch, dass der Kehlkopf etwas in die Höhe gezogen wird, und so die im Ansatzrohre eingesperrte Luft vorwärts und aufwärts geschoben, und die Backenmuskeln kontrahirt werden. Gleichzeitig werden auch die Exspirationsmuskeln in schlagfertigen Zustand versetzt. Beim **B**-Mechanismus findet während des Lippendrucks ein solches Heben des Kehlkopfs nicht Statt, erst im dritten Momente schiebt das erst jetzt aufsteigende Zungenbein sammt Zungenwurzel die Mundhöhlenluft beim Loslassen der Lippen heraus, ohne dass die Glottis schon jetzt geöffnet würde. Wenn aber ein Vokal auf das **B** folgt, so schliesst sich die phonatorische Oeffnung der Stimmritze u. s. w. sofort an das zweite Moment an, so dass Mundöffnung mit Kehlkopföffnung zusammenfällt, ebenso wie dies bei **G** dur und **D** Statt fand.

Das zweite Moment dauert länger, wenn das **B—P** die erste Silbe schliesst und die zweite wieder anlautet, ebenso beim Stottern, d. h. bei dem Sprachfehler, wo die Verbindung des **B** oder **P** mit einem nachfolgenden Vokale erschwert ist.

Bei der Pronunciation des **B** sowohl als des **P** werden im gewöhnlichen Umgange oft Fehler begangen, die in der Regel nicht als solche eingestanden werden. Das **B** wird oft wie **W**, das **P** oft wie **B** gebildet, beide Sprachlaute werden also nicht vollständig genug pronuncirt. So hören wir sehr oft Worte, wie *Leben, Abend, über* u. s. w. aussprechen, *Lewen* oder *Läwen, Awend, üwer*. Das ist aber falsch, so gewöhnlich es auch vorkommt. Oder man zieht die Endsilbe —*ben* in **m** zusammen, so dass sie ihren Silbenwerth fast ganz verliert und der vorhergehenden Silbe als Auslaut angehängt wird, z. B. *Läm, siem, om,* statt *Leben, sieben, oben.* Oder man schlägt einen Mittelweg ein, schliesst beim **B** die Lippen, und hebt bei geschlossen bleibendem Munde die Zunge in die **N**-Lage: *Lebn, siebn, obn.* — Das **P** wird gleichfalls sehr oft nicht adspirirt, sondern wie **B** gebildet,

so dass *Bass* und *Pass*, *best* und *Pest*, *Bos* und *Post*, *bone* und *pone* u. s. w. dem Gehör nach gar nicht unterschieden werden. Allerdings kann man andererseits auch bei der Pronuncirung des **P** Gefahr laufen, die Adspiration zu sehr vorlauten, und ein förmliches **Ph**, literatenus, hören zu lassen, allein dadurch darf sich doch Niemand abhalten lassen, diesen Sprachlaut richtig zu bilden.

B und **P** lassen sich mit andern Konsonanten zusammensetzen zu **Gb**— (**Gp**, ebenso bei allen folgenden), **Kb**—, **Ðb**—, **Sb**—, **Schb**—, **Db**—, **Fb**—; **Br**—, **Bg**—, **Bl**—, **Bs**—, **Bsch**—, **Bn**—, **Bd**—, **Bf**—, **Bm**—; —**chb**, —**rb**, —**ṅb**, —**lb**, —**sb**, **schb**, —**nb**, —**fb**, —**mb**; —**bg**, —**bt**, —**bs**, —**bsch**.

Die Auslaute —**bk**, —**br**, —**bl**, —**bn** nehmen für sich zu viel Zeit in Anspruch, als dass sie mit dem vorhergehenden Vokale als Eine Silbe betrachtet werden könnten.

B und **P** als Naturlaut dienen zur Bezeichnung der einfachsten und ersten phonischen Gefühls- und Begriffsäusserungen, z. B. *ba*, *papeln*, *pipen*, *Papa*, *Abba*, *Bube*, *papula* (die einfachste Hauteruption), *beben*, *Popanz*.

Wohl fast die meisten geschriebenen **P** sind nichts als **B**. Denn sobald die Adspiration wegfällt, dürfen wir nur **B** schreiben, nicht **P**, mag man nun die Lippen mehr oder weniger dabei zusammenpressen: dies ist etwas sehr Willkührliches und Individuelles, was keinen Unterschied im Wesen dieses Sprachlautes macht und folglich auch zu keiner schriftlichen Distinktion dieser Grade berechtigt. In *Ab*, *Abt*, klingt das **B** offenbar hart; in *leben*, selbst in *Ebbe* weich. Dennoch wäre es falsch, *Ap* und *Apt* zu schreiben.

Die neugriechische Sprache bezeichnet das **B**, wenigstens wenn es eine Silbe anlautet, durch Mπ, indem sie dadurch, dass es das erste Moment, den Lippenschluss, durch M ausdrückt, die Abschwächung des Π bezeichnen will. Sie zerlegt demnach in ihrer Schrift den **P**-Mechanismus in seine beiden wesentlichen Elemente, ebenso wie es oft die Stotternden thun, wenn sie das **B** oder **P** ohne Anstoss oder Aufenthalt aussprechen wollen. Dieses vorgesetzte **M** hat für **P** dieselbe Funktion, wie das **N** für das **T**, das **Ng** für das **K**, und einigermaassen auch wie das vorgesetzte **H** für **R** oder **L** in andern Sprachen.

b. Zusammengesetzte Konsonanten.

So wie die Vokale sich unter einander zu verschiedenen Doppellauten oder Diphthongen verbinden können, so thun dies die Konsonanten gleichfalls, und zwar fallen auch hier einige Verbindungen mehr, andere weniger innig aus. Wir haben Doppelvokale kennen gelernt, die nicht füglich einsilbig pronuncirt werden können, eben so haben wir in den vorigen Abschnitten Doppelkonsonanten aufgeführt, welche, mit einem Vokale zusammengesetzt, nicht gut als einsilbig zu betrachten sind, sondern welche schon für sich die Einschiebung eines, wenn auch kurzen, doch dem Gehöre nicht ganz entgehenden Zwischenvokals erfordern.

Nach dem Grade der kombinatorischen Verwandtschaft der verschiedenen Konsonanten zu einander können wir drei Klassen von Doppelkonsonanten annehmen:

1) Solche, deren beide Elemente (beide einfachen Konsonanten, aus den sie bestehen) die grösste kombinatorische Verwandtschaft zu einander ha-

ben. Diese Verwandtschaft ist nämlich dann am grössten und innigsten, wenn der eine Konsonant das eine oder das andere artikulatorische Moment mit dem andern Konsonanten gemeinschaftlich hat, dergestalt, dass bei der Verbindung der volle Mechanismus des ersten oder zweiten Elements gar nicht zur Ausführung kommt. So ist in der Silbe *ank* die Zunge bei der Bildung des n bereits bis zum Gaumen gehoben, wenn zur Bildung des **k** geschritten werden soll: das erste Moment des **K**-Mechanismus fällt hier also weg. Ebenso verhält sich **M**:**B** und **N**:**D**. Oder der zweite Konsonant wird auf dem Wege, den die Organe, nachdem sie den ersten Konsonanten gebildet haben, einschlagen, um zur Indifferenzlage zu kommen, noch nachträglich, oder gelegentlich gebildet, z. B. *kw*, wo sich während der Bewegung, welche die Sprachorgane bei der zum **K**-Mechanismus gehörigen Adspiration (dem 3. Momente der **K**-Bildung) nehmen, diese Organe wie von selbst zur **W**-Bildung stellen, die unter diesen Umständen mit der grössten Leichtigkeit von Statten geht. Die Wirkung ist am Ende dieselbe, wie im vorigen Falle: der Mechanismus des einen oder des andern Sprachlauts oder beider wird abgekürzt, erleichtert, es findet also eine Art Kontraktion statt.

2) Es verbinden sich zwei Konsonanten so, dass ihr beiderseitiger Mechanismus zwar so ziemlich unverkürzt bleibt, aber sie lassen sich doch so nebeneinander aussprechen, dass man nicht auf die Idee kommt, als ob der eine derselben gar nicht zu derselben Silbe gehöre, und ohne dass man nöthig hat, einen stummen Einschiebvokal zwischen beiden Konsonanten hören zu lassen, z. B. *alf*, *Schla*, *Kla* u. s. w.

3) Das letztere dagegen geschieht, wo sonst die Verbindung nicht zu ermöglichen wäre, z. B. *G^efa*, *Dⁱjoliba*, *B^edellium*, so wie in allen Auslauten auf einen Semivocalis, **rl** ausgenommen, dem kein **l** oder **r** vorhergeht.

Freilich sind die Grenzen zwischen diesen drei Abtheilungen nicht ganz strikt zu ziehen, so wie es sich auch nicht von vorn herein bestimmen lässt, wie viel Doppelkonsonanten überhaupt zum sprachlichen Gebrauche verwendet werden sollen, welche Verbindungen unstatthaft sind u. s. w.

Auf der angefügten Tafel sind die sprachlich brauchbaren Doppelkonsonanten aufgezeichnet. Eines Kommentars bedarf dieselbe nicht. Das **Jot** als Halbvokal ist seiner zweifelhaften Existenz wegen weggelassen worden. Der unter einen Doppelkonsonant gesetzte Strich bedeutet, dass derselbe auch als Auslaut zu brauchen ist. Die zu schwerfälligen Verbindungen sind in Klammern geschlossen, die guten mit gewöhnlichen Lettern, die leichteren kursiv, die leichtesten fett gedruckt. Wo ein stummes **e** oder **i** dazwischen tritt, da ist über den 2. Konsonant eine $\overset{3}{_}$ gesetzt. Einige Folgerungen jedoch und Ergebnisse, die aus dieser Tafel hervorgehen, hier beizufügen, wird nicht am unrechten Orte sein.

a. Zuerst muss ein Unterschied zwischen dem doppelkonsonantischen Anlaut und Auslaut einer Silbe gemacht werden, ob also der Vokal dem Doppelkonsonanten nachfolgt oder ihm vorhergeht. In der Regel wird ein Doppelkonsonant, der als Anlaut gebraucht wird, zugleich als Auslaut zu gebrauchen sein, wenn man die Stellung der beiden einzelnen Konsonanten umkehrt, so dass also in beiden Fällen derselbe Konsonant mit dem Vokal in Verbindung tritt. So wird der Anlaut *Sla* (*Slave*) durch Umkehrung zum Auslaut (*als*), ebenso *Tla*=*alt*, *Tra*=*art* u. s. w.

b. Dagegen können die Explosivae und **S**, **Sch**, zum Theil auch **F** untereinander in beliebiger Verbindung sowohl den An- als auch den Auslaut

	Ch	**R** pal.	**G**	**K**	**N** pal.	**Ð**	**R** ling.	**L**	**Th**
Ch		Chr	— *chg*	— chk			Chr	Chl	Chth — ch
Rp	— rch		— *rg*	— rk		— rj		— rl	— r
G	Gch	Gr (— gr)			Gn̂	Gj (—)	Gr (—)	Gl (—)	Gth
K	Kch	Kr (—)			Kn̂	kj (—)	Kr (—)	Kl (—)	Kth
Np	— ñch	— ñr	— *ñg*	— ñk		— ñj	— ñr	— ñl	— ñ
Ð		Ðr (—)	— jg	— jk			Ðr (—)	Ðl (—)	Ðth
Rl			— rg	— rk	(— rn̂)	— rj		— rl	— r
L			— lg	— lk		— lj			— l
Th		Thr	(Thg) (—)	(Thk) (—)	Thn̂[3]	Thj	Thr	Thl	
S		Sr (—)	Sg —	Sk —		Sj —	Sr (—)	*Sl* (—)	Sth
Sch		Schr (—)	Schg —	Schk —	Schn̂[3] —	Schj (—)	*Schr* (—)	*Schl* (—)	Schth
N		(— nr)	— ng	— nk		— nj	(— nr)		— nl
DT		Dr[3] Tr (—)	(Dg Tg —)	(Tk —)	Tn̂ dn̂	Dj	**TDr** (—)	**TDl** (—)	
V		Vr				Vg	Vr	Vl	Vth
W		Wr					Wr	Wl —	
F		*Fr* (—)	Fg —	Fk —	Fn̂	Fj (—)	*Fr* (—)	*Fl* (—)	Fth
Ph		Phr (—)					Phr	Phl	Phth
M		(Mr) (—)	— mg	— mk		(— mj)	(Mr)	(Ml)	— ml
BP	BPch	*BPr*	(BPg —)	(BPk —)		BPj (—)	*BPr* (—)	*BPl* (—)	BPth

S	**Sch**	**N**	**DT**	**V**	**W**	**Ph**	**F**	**M**	**BP**
— chs	— chsch	Chn	Chdt — **cht**		Chw		Chf —	Chm	Chb — chb
— rs	— rsch	— rn	— rdt	— rv		— rph	— rf	— rm	— rbp
Gs —	Gsch —	Gn (—)	Gdt —	Gv	Gw	Gph	Gf	Gm	Gbp —
Ks —	Ksch —	Kn (—)	Kdt —	Kv (—)	**Kw**	Kph (—)	Kf (—)	Km (—)	Kbp —
— ñs	— ñsch	— ñn	— ñdt				— ñf		— ñbp
ϑs —	ϑsch (—)	ϑn (—)	ϑdt —	ϑv	ϑw	ϑph	ϑf	ϑm	ϑbp —
— rs	— rsch	— rn	— **rdt**	(— rv)		— rph	— rf	— rm	— rbp
— **ls**	— lsch	— **ln**	— **ldt**	—		— lph	— lf	— lm	— *lbp*
Ths —	Thsch —	Thn		Thv	Thw	(Thph) (—)	(Thf) (—)	Thm (—)	Thbp
	Ssch (—)	Sn (—)	*Sdt* **—**	Sv	Sw	Sph (—)	Sf (—)	Sm (—)	*Sbp* —
Schs —		*Schn* (—)	*Schdt* —	Schv	*Schw*	Schph (—)	Schf (—)	Schm (—)	*Schbp* —
— *ns*	— nsch		— **ndt**	(— nv)		— nph	— nf		(— bp)
TDs **—**	**TDsch** —	*Tn* Dn (—)		DTv	DwTw	Dph Tph (—)	DTf (—)	DTm (—)	DTbp
Vs		Vn	Vdt					Vm	Vbp
(— ws)			— wdt						
Fs —	Fsch —	Fn (—)	*Fdt* —		Fw			Fm (—)	Fbp —
Phs —	(Phsch)	Phn	Pht —		Phw			Phm	Phbp —
— *ms*	— msch	Mn	— *mdt*			— mph	— mf		— mbp
BPs —	BPsch —	BPn (—)	Bdt — Pd — — bdt	BPv			BPf —	BPm	

bilden, z. B. **Kt**, **Pt**, **Dp**, **Ks**, **Bsch** u. s. w. Die Semivocales sind nicht so fügsam, s. vorhin No. 3.

c. Einen Unterschied macht es jedoch, ob die Explosivae, die sich untereinander oder mit andern Konsonanten zusammensetzen sollen, hart oder weich sind. Dem anlautenden **G** lässt sich, wenn wir streng den ihm vindicirten Mechanismus festhalten, nur **R** pal. und **Ng** nachsetzen; allen andern Konsonanten muss dagegen, soll das **G** nicht sofort in **K** übergehen, ein stummes **e** oder **i** vorausgehen, wenn sie sich dem anlautenden **G** anschliessen sollen. Das **D** hat in dieser Hinsicht eine ausgebreitetere Verwandtschaft: hier ist nur bei **Dr**, **Dg**, **Dk**, **Dn**, **Dw** ein solches Einschiebsel (bei **Dg** ein kurzes **i**) erforderlich. Beim **B** endlich ist dasselbe nur in der Verbindung mit **D** und **T** nöthig, wogegen der Auslaut —**bd** oder —**bt** ohne einen stummen Zwischenvokal zu erzeugen möglich ist. Der Grund zu dieser auf dem ersten Anblick etwas auffallenden Erscheinung liegt darin, dass beim Anlaut der nachfolgende Vokal durch ein stärkeres Markiren des ersten Konsonanten bereits vorbereitet werden muss, während beim Auslaut der Vokal im ersten der beiden Konsonanten zur Ruhe kommt, und ohne ein solches Hülfsmittel schon vernommen oder vom Verstande begriffen wird, da der Eindruck, den der vorherlautende Vokal machte, sich noch auf den nachfolgenden Konsonanten fortpflanzt.

d. **R**, **L** und **Ch** können in einem doppelkonsonantischen Silbenanlaut nicht füglich die erste Stelle einnehmen. Nur die 3. Varietät des **Ch**, die sich dem **K**-Mechanismus annähert, kann allenfalls so gebraucht werden, und ist diese auch auf der Tafel gemeint worden.

Nach diesen Prämissen bleibt uns nur noch übrig, etwas über die in mehrern Sprachen durch einfache Zeichen ausgedrückten Doppelkonsonanten, also über **C**, **Z**, **G** in der Bedeutung für **Dsch**, **X**, **Q** und **Ψ**, so wie über die sogenannten mouillirten Konsonanten etwas zu bemerken.

C und Z, G (italisch = **dsh**).

Das **C**, insoweit es nicht für **K** vikarirt, und das **Z** bezeichnen im Allgemeinen die Zusammenlautung des Lingualexplosivlauts mit dem Sibilanten. Letzterer für sich unterliegt, wie wir gesehen haben, keinen erheblichen Modifikationen, wohl aber der Erstere; es ist daher schon von vorn herein zu erwarten, dass wir diesen Doppellaut unter verschiedenen Formen in den Sprachen antreffen werden. Das Wesentliche des Mechanismus dieser Form- oder Lautverschiedenheiten lässt sich auf folgende zwei Elemente zurückführen.

1) Nur der unadspirirte Zungenexplosivlaut, also unser **D**, und zwar nur das **D** dentale, wie wir ausdrücklich bemerken müssen, lässt sich unmittelbar und ohne Zwischenmoment mit **S** verbinden. Hierzu ist weiter nichts nöthig, als dass die Zungenspitze, nachdem sie durch Anstemmung gegen die Zahnreihen u. s. w. den **D**-Mechanismus vollzogen, sich soweit von den Zahnkanten zurückzieht, dass die Luft durch die so gebildete Schallritze durchstreichen und sich an den frei gewordenen Kanten der Zähne brechen kann.

2) Der Unterschied des harten und weichen **C**- oder **Z**-Lautes wird beim Anlaut dadurch bewirkt, dass nicht etwa das **D** (vor der Bildung des **S**) adspirirt wird, sondern dass diese Adspiration nach vollendetem **Ds**-Mecha-

nismus angefügt wird, wenn dieser Doppelkonsonant hart ausfallen soll, wogegen bei der weichen Varietät diese Adspiration unterbleibt. Beim Auslaut wird die Härte durch einen vorangehenden (anlautenden) kurzen betonten Vokal provocirt, welcher hier die Stelle der Adspiration vertritt *).

Die weiche Varietät wird in den Schriftsprachen durch **c**, **ç**, **ds** u. s. w., die harte durch **Z**, **ts**, **tss**, **tz** ausgedrückt. Schon die Namen *ce* und *zet* sind für den von mir (zuerst) angegebenen Mechanismus charakteristisch und bestätigend, da man die Silbe *ce* in der Regel ohne, die Silbe *zét* dagegen mit Adspiration zwischen **ds** und **e** pronuncirt (*dshet* literatenus). Damit soll aber nicht dem Gebrauch oder Missbrauch des **C** das Wort geredet werden. Wir werden weit physiologischer verfahren, wenn wir das tyrannische Joch des bisherigen Usus abschütteln, und wieder das Doppelzeichen in unserer Schrift einführen: **ds** und **ts**. Um aber gedritte Zeichen zu vermeiden, würde dann auch in solchen Fällen, wo eigentlich, unserer Theorie gemäss, **dds** stehen sollte, ausnahmsweise das einfachere und gerade hier zu keinem Missverständniss Anlass gebende **ts** eintreten. Darüber noch später Etwas.

Zuweilen wird **ds** gesprochen, wo nur **s** geschrieben steht, namentlich im Auslaute, z. B. *Halds* statt *Hals*, *Gands* statt *Gans*. Es ist dem menschlichen Sprachorgane, namentlich dem deutschen und slavischen, auf den Wegen, die es bei seinen Mechanismen zurücklegt, eigenthümlich, immer alle ihm hier aufstossenden Artikulationen, besonders die auf den Ruhelagen der Zunge vorkömmlichen, mitzumachen. Die einfache Kombination des **N** mit dem **S** fällt ihm aus diesem Grunde (der in einer nationellen Trägheit oder Schwerfälligkeit des Geistes zu beruhen scheint) schwerer, als die Zusammensetzung von **N**–**D**–**S**. Hieraus erklärt sich überhaupt der grosse Konsonantenreichthum in den Worten der germanischen und slavischen Sprachen.

Was die Verbindung des **D**-Lautes mit dem Zischlaute **Sh** und **Sch** anlangt, so wird dieselbe in mehrern alten und neuen Sprachen gleichfalls durch Ein Zeichen ausgedrückt. So im Sanskrit, wo es 4 Zeichen dafür giebt, im Arabischen, im Italischen; auch das Spanische, Englische und Germanische gehört gewissermaassen hierher, von den weniger interessanten Sprachen zu geschweigen. Da sowohl der Zungenexplosivlaut (linguale und dentale Species), als auch der Zungenzahnzischlaut seine Modifikationen oder Gradationen hat, so müssen allerdings die des in Rede stehenden Doppelkonsonanten ziemlich zahlreich ausfallen. Folgende Varietäten lassen sich mit physiologischer Bestimmtheit aufstellen.

1) Verbindung des palatalen **D** mit **Sh**, ist die weichste auch durch Vorstellung eines scharfen Vokals nicht gut verstärkbare Modifikation, welche fast wie **dg** klingt, und im Italischen vorkommt. Mit **Sch** lässt sich nicht ohne grosse Umstände dieses **d** verbinden.

---

*) Es scheint hierin allerdings eine kleine Inkonsequenz in Bezug auf die oben von mir aufgestellte Theorie des **D**- und **T**-Mechanismus zu liegen. Allein so lange als wir den **ds**-Mechanismus durch Ein Zeichen ausdrücken und die Grade der Härte und Weiche ebenfalls durch die kürzeste Weise bezeichnen wollen, müssen wir doch offenbar den **Ds**-Auslaut, dem ein kurzer betonter Vokal vorhergeht, auch ohne Adspiration, hart nennen, da nun einmal auf ein auslautendes **s** keine Adspiration folgen kann.

2) Verbindung des untern dentalen **D** mit **Sh**, auch ziemlich weich, und sonst ziemlich wie die vorige beschaffen.

3) Verbindnng des obern dentalen **D** (die gewöhnlichste Varietät) mit **Sh**, lässt sich verstärken oder in **Tsh** verwandeln, wenn ein kurz betonter Vokal vorangeht. Das sanskritanische *dsha* und *dshha* scheint hierher zu gehören.

4) Verbindung des obern dentalen **D** mit **Sch**. Die Lippen werden schon während des 2. Moments des **D** nach vorn bewegt und vorgestülpt. Diese Form erscheint gewöhnlich als harte Modifikation: da **Tsch**, so wie überhaupt das dem **Sch** vorangehende **D** immer eine gewisse Härte hat, und nie anders als **T** geschrieben werden sollte. Das Sanskrit unterscheidet hier ein *tscha* und *tschha*.

Sonst mögen über die schriftliche Unterscheidung des **Dsch** und **Tsch** die bereits unter **ds** und **ts** angeführten Regeln gelten. Also vor und nach einem scharfen Vokal schreibe man **Tsch**, vor oder nach einem langen oder unbetonten Vokale **Dsch**. So lange übrigens der Deutsche deutsch spricht und deutsch bleibt, braucht er sich nicht an den **Dsh**-Mechanismus zu gewöhnen, sondern mag ungenirt sein **Tsch** herausquetschen. Wo es aber auf Schönheit der äussern Form des Vortrags ankommt, also im Gesange, da muss in der Regel die Härte des **Tsch** gemildert werden, und wo möglich die Weichheit des italischen **Dsh** eintreten.

Man schreibe also z. B. *Mátsch*, *Quátsch*, ebenso wie *Ráts*, *Lats* (*Ratz*, *Latz*); dagegen *Lādschen*, *Mōdschekuh*, ebenso wie *Schmūds* (nicht *Schmutz*), *Gādsa* u. s. w. Ebenso wird durch ein vorausgehendes **l**, **m**, **n**, **r**, **g** u. s. w. die Weichheit bedingt, z. B. *Goldsch, Indsch, Mandsch.* Ferner *Katschútscha* (*Cachucha* spanisch), *Tschúd(t)i*, *Dschōliba* (*Joliba*) u. s. w.

Das **Ds**, **Ts**, **dsh** u. s. w. haben ebenso wie die einfachen Konsonanten ihre Verwandtschaften. Auslautend kann sich ihnen **G**—**K**, **D**—**T**, **B**—**P** anhängen oder **ch**, j, **r**, ṅ, **l**, **s**, **sch**, **n**. **f**, **m**, **b**, **p** vorsetzen; ebenso lässt sich dem auslautenden **ds** etc. **K**, **F** oder **P** vorsetzen, und **R**, **G**, **K**, **Ð**, **J**, **L**, **Th**, **S** und **Sch** nach Umständen, sowie **N**, **D**, **T**, **V**, **W**, **F**, **Ph**, **M**, **B**, **P**, also alle Konsonanten mit Ausnahme von **Ch** und **Ng** nachsetzen.

Q. qu.

Dieser Doppelkonsonant, der sich verhältnissmässig nur in wenig Sprachen schriftlich bezeichnet findet, ist aus **K** und **W** zusammengesetzt. Ueber sein Vorkommen in den Sprachen vrgl. Bindseil S. 448—50. Wir sprechen jedoch hier nur von dem wahren **kw** und dem **kv**, nicht von den verwandten Zusammensetzungen, wie **kf**, **kb**, **gw**, **gv**, **gf**, u. s. w.

Das **qu** besteht aus dem vollständigen **K**-(nicht **G**-dur) Mechanismus, dem sich der des **W** dergestalt anschliesst, dass die nach Losreissung der Zunge vom Gaumen mit Adspiration herausstürzende Luft unterwegs von den Lippen zurückgehalten, eingeengt, und zum Rauschen gebracht wird. Je nachdem nun dieser **W**-Mechanismus mit Stimmbändervibrationen begleitet wird, oder ohne dieselben vor sich geht, fällt das **Qu** entweder liquid, halbvokal, oder stumm aus;. ein Unterschied, der offenbar zu den verschiedenen Schreibweisen dieses Doppelkonsonanten Anlass gegeben, und ihn zuweilen, wenn nämlich der **W**-Mechanismus in den des **U** aufgelöst wurde,

gar zur Ehre eines Halbdiphthongs verholfen hat, in welchem Falle er wirklich *ku* ausgesprochen wird, aber auch *gu* ausgesprochen werden kann. Ueberhaupt scheint das **Qu** ursprünglich wirklich wie **ku** gelautet zu haben, der Mund also vor Einsatz des nachlautenden Vokals offen geblieben zu sein. Es bildete dann das **Qu** eine ganze Silbe, nicht einen blossen Konsonanten. Diese Silbe verschmolz jedoch mit dem folgenden Vokallaut, wenn, wie dies manche Nationen zu thun geneigt sind, während der Bewegung der Sprachorgane auf dem 3. Moment des **K**-Mechanismus (bei der Adspiration) der Unterkiefer sich wieder (zur Herstellung des Indifferenzzustandes) hebt, und dabei die Lippen einander genähert werden, ohne dabei die zur Bildung des **U** nöthigen Bewegungen zu machen. Es ist den Organen bequemer, *kwa* zu erzeugen, als *ku–a*.

Nach dem eben angegebenen Unterschiede muss, wenn wir streng physiologisch zu Werke gehen wollen, das stumme **qu** so geschrieben werden: **kv**, und das liquide oder semivokale **kw**; alle andern Schreibweisen sind unrichtig. Ueberhaupt ist fast keine Schreibweise widersinniger, als die des **Q**, welches Sprachzeichen die Römer eingeführt und die spätern germanischen und romanischen Sprachen gleichfalls aufgenommen haben. Entstanden zu sein scheint dies **Q** aus **Cv**. Hätte man sich mit diesem ganz rationell gebildeten Zeichen begnügt, so würde nichts einzuwenden sein. Aber man beging die Thorheit, wahrscheinlich der Sicherheit wegen, wenigstens für die kleine Schrift, in welcher das gewählte Zeichen **q** doch noch zu sehr dem **g** ähnlich befunden worden sein mag, demselben das **v** (später **u**) noch anzuhängen: ein Unsinn, der sich nun auch noch auf die grosse Schrift, wo dieses Anhängsel ganz unverzeihlich war, übertrug. An dieser Sünde unserer Vorfahren haben unsere gegenwärtigen Schriftsprachen immer noch zu leiden, und es wäre bisher gewiss viel Zeit, Dinte, Federn u. s. w. erspart worden, wenn jenes überflüssige **u** nie geschrieben worden wäre.

Will man einmal das **Q** mit zwei Zeichen, wie es freilich auch physiologisch richtig ist, ausdrücken, so schreibe man **kw** oder **kv**, allenfalls auch **ku**, je nachdem die nationale Idiosynkrasie sich der einen oder andern Varietät des Mechanismus mehr zuneigt, aber ja nicht mehr **Qu** und **qu**.

Das **Q** kann nie eine Silbe auslauten, ohne durch sein Zerfallen Hinzufügung einer neuen Silbe zu bewirken. Anlautend können ihm alle Konsonanten vorhergehen, die zum **K** Verwandschaft haben, wenigstens **S** und **Sch**.

X. Ψ. Rz polnisch.

Das **X**, in den meisten der bekannteren Sprachen durch Ein Zeichen ausgedrückt, ist durchaus **Ks**, niemals **Gs**, also immer hart, nie weich. Denn die Glottis muss nothwendig sofort mit dem Rückgang der Zunge vom Gaumen weiter geöffnet werden, damit die Luft ungesäumt hervor- und in die zwichen Zungenspitze u. Zahnkanten gebildete Stimmritze hineinströme, was, wie wir oben ausführlich gezeigt haben, nur beim **K**-Mechanismus möglich ist. Ein weiches **X** würde daher immer eine ganze Silbe bilden, und wie *Gĉs* sich verhalten. Diese Wahrheit scheint schon den Völkern des Sanskrit bekannt gewesen zu sein. Es würde ein dem **Gs** entsprechendes **X** geben, wenn der **S**-Mechanismus sich so unmittelbar an den **G**-Mechanismus anschliessen oder mit ihm verschmelzen könnte, wie etwa **Gñ**. Aber **G** und **S**

sind sich nur im 2. Grade verwandt, es müssen also hier etwas andere (und zwar einfachere) Verhältnisse eintreten, als beim **C** und **Z**.

In vielen, besonders den germanischen Sprachen, hat sich das **X**-Zeichen erst spät blicken lassen, früher schrieb man **Hs**, **Chs**, **Gs**, **Ks** dafür, was zu beweisen scheint, dass man nach Umständen auch die Verbindung der Continuae palatales **Ch** und **Ð** mit **S** in das Gebiet des **X** gezogen hat. Meinetwegen. Wir aber müssen unsere Gränzen strenger ziehen, und können und dürfen dem **X** nicht mehr Recht einräumen, als auf **Ks**. Wer für **Hs**, **Chs**, **Gs** und **Ðs** einfache Zeichen erfinden will, mag es thun, nur nehme er nicht **X** dazu.

Das anlautende **X** leidet keinen andern Konsonanten vor sich, wohl aber, aber auch nicht gern, diejenigen Konsonanten hinter sich, die dem anlautenden **S** nachfolgen können. Dem auslautenden **X** kann **Ch**, **R**, **Ng**, **L**, **Sch**, **N**, **F**, **M** (die Explosivae nicht gut) vorangehen, und **T**, allenfalls auch **P** nachfolgen.

Zuweilen erscheint der **X**-Laut in der Schrift mit getrennten Buchstaben, aber mitunter falsch, z. B. *Angst* = *Añxt*, *Añkst*.

Anders verhält sich das griechische Ψ. Es ist bald **Ps**, bald **Bs**, und zwar deshalb, weil der Mechanismus des **B** dem des **S** so nahe liegt. Das haben die alten Griechen nicht beachtet, denn es ist ihnen nie eingefallen, ihr ψ anders, als durch πσ zu expliciren. Allerdings ist die Adspiration, die sich zwischen **P** und **S** einschiebt, eine geringe und fast verschwindende, da der Weg, den die Artikulationsthätigkeit vom **P**- zum **S**-Mechanismus zurückzulegen hat, ein sehr kurzer ist, allein sie ist doch vorhanden; auf der andern Seite ist aber auch wegen der Kürze jenes Weges kein stummes **E** zwischen **B** und **S** möglich, und deshalb können wir getrost neben dem harten (πσ) auch ein weiches Ψ annehmen.

Dem auslautenden **Ps** können die übrigen Explosivae, auch **G**, **S**, **W**, nicht gut vorangehen, nachfolgen kann nur mit Sicherheit **T**, allenfalls noch **Ð** und **K**. Dem anlautenden **Ps** kann gar kein dritter Konsonant vorangehn, nachfolgen dagegen **D**, **T**, **Ð**, **K**, **G**, **R**, **L**, **N**, **M**, **F**, **V**, **W**.

Das **Rz** ist ein der polnischen Sprache durchaus eigenthümlicher Doppelkonsonant, ein **r**, mit welchem das ż (**sch** oder **sh**) so innig verschmolzen ist, dass das **r** (linguale) nur leise mittönt. Aehnlich verhält sich das böhmische ř.

Verbindungen von mehr als zwei Konsonanten unter einander.

Es lassen sich aber auch drei, selbst vier Konsonanten so aneinander fügen, dass sie einem Vokale vor- oder nachlauten können. Im Allgemeinen ist hier die Anlautstellung der mehrfachen konsonantischen Verbindung weit ungünstiger, als die Auslautstellung, welche unter Umständen sogar 5 Konsonanten zulässt. Der Grund davon scheint mir der zu sein, weil das Gehörorgan, wenn es eben einen vollen, lauten Ton vernommen hat, fähiger oder mehr vorbereitet ist, noch einige geringere Schallphänomene zu unterscheiden, als wenn letztere dem lauteren Phänomen vorausgehen. Ausserdem ist auch das Sprachorgan fähiger, beim Sinken von der Vokalstellung zum Indifferenzpunkte, als beim Aufsteigen von letzterem zu ersterer, mehrere konsonantische Geräusche hintereinander zu bilden.

Ein Blick auf die beigefügte Tafel lehrt, dass die Semivocales als Anlaute zusammengesetzter Konsonanten ganz ausfallen, dass dergleichen zusammengesetzte Anlaute lediglich aus den Explosivae, **S** und **Sch** und **R**, **L** gebildet werden, und dass in allen vierfachen Verbindungen wenigstens Ein **S** enthalten sein muss, welches überhaupt in dieser ganzen Klasse von Kombinationen am oftesten vorkommt.

Jeder dreifache Anlaut lässt sich umgekehrt als Auslaut benutzen, ebenso wie es bei den Doppelkonsonanten der Fall war, z. B. *Spra–arps; Tschla–alscht* u. s. w. Nicht aber lässt sich umgekehrt jeder mehrbuchstabige Auslaut in einen Anlaut umkehren, schon deshalb, weil wir sehr viele vierbuchstabige Auslaute, aber nur dreibuchstabige Anlaute besitzen. Das Wesen der Silbe geht sofort verloren, sobald man einen Vokal mit vier Konsonanten anzulauten versucht. Aber auch nicht alle dreibuchstabigen Auslaute lassen sich durch Umkehrung in Anlaute verwandeln, obwohl hierbei der individuellen Willkühr und Gewöhnung viel überlassen bleibt.

Ch— vacat.
—chgs, —chks, —chst, (—chfs), —chps.

R palat. — vacat.
—rchs, —rgs, —rks, —rlt, —rst, —rscht, —rds, —rdst, —rfs, —rms, —rps, —rsk.

Gsd—, Gschd— (Gst—, Gscht—).
—gst, —gscht.

Kst—, Kscht—, Ksb—, Kschb—, (Ksp—, Kshp—).
—kst, —kscht.

Ng— vacat
—nchs, —nchst, —ncht, —ngs, —ngst, —nks, —nkt, —nkst, —nst, —nscht.

Ðst—, Ðscht—, Ðtr—, Ðts—, Ðpr—, Ðps—.
—jst, —jps, —jds, —jdst, (—jts, —jtst, jdsch).

R ling. — vacat.
—rchs u. s. w. wie bei **R** palat.

L— vacat.
—lgs, —lks, —lgst, —lds, —lts, (—ldst, —ltst), —lms(t), —lfs, —lscht, —lfst, —lbs, —lps, —lpst etc.

Thschl—, Thschr—, Thschk—.
—thst, —thscht.

Sscht—, Spr—, Spl—, Str—, Skr—, Spn—.
—sks, —sts, —sps etc.

Schtr—, Schpr—, Schkr—, Schpl—.
—schks, —schts, —schps.

N— vacat.
—ngs, —nks(t), —nds, —ndst(t), —ndsch, —nst, —nscht, —nfs, —nft.

D Tst—, Tsl—, Tsp—, Tsr—, Tschl—, Tjl—, Tschp—, Tschr—, Tsm—, Tschm—, Tsn— etc.
—tst, —tscht.

Vsl—, Vst—, Vsp etc. (wie T).
—v . . vacat.

W— vacat.
—w ebenso.

Fst— etc. (wie V).
—fts, —fst, —fks.

Ph— (wie F oder V).

M— vacat.
—mks, —mts, —mst, —mscht, —mft.

B Pst—
—pst, —pts.

Mouillirte (jotacirte) Konsonanten.

Die Verbindung eines anlautenden Konsonanten mit nachfolgendem **Ꭰ** oder **J** wird nach Rapp's Vorgange von mehreren Sprachlautgelehrten mit einem Erweichungsprozesse verglichen, daher mit einem barbarischen Ausdrucke Mouilletismus genannt, und dergleichen Doppellaute heissen dann mouillirte oder erweichte Konsonanten. Ein etwas besserer Ausdruck wäre jotacirte Sprachlaute und Jotacismus dafür. Diese Verbindung steht zwischen den reinen Doppelkonsonanten und den einfachen in der Mitte, dergestalt, dass das **J** als Halbvokal sich in verschiedenen Graden dem reinen **I**-Vokal annähert, und zwar einem **I**, welches als Einschiebsel, als Ueberlaut zu einem vollständig betonten Vokal, oder vielmehr als Vor- oder Anlaut zu letzterem, zu betrachten ist.

Der Jotacismus ist ein vollkommener oder ein unvollkommener. Vollkommen können nur diejenigen Konsonanten jotacirt werden, welche sich unmittelbar mit **Ꭰ** oder **J** verbinden lassen, das heisst, bei welchen die Zunge schon gehoben oder an den Gaumen gelegt ist; unvollkommen ist der Jotacismus bei den Konsonanten, bei welchen die Zunge tief, auf dem Grunde der Mundhöhle liegen bleibt, also bei den Labialen. Hier wird immer und nothwendig die Zunge erst die **I**-Lage passiren müssen, bevor es zur **Ꭰ**- oder **J** Bildung kommen kann; es muss daher hier immer ein, wenn auch kurzes, aber doch unabweisliches, reines **I** sich zwischen den Anlautvokal und das **J** einschieben, z. B. *M'jalla.* — Demnach lassen sich folgende Konsonanten mulljiren: **G** dur, **K**, **N**, **L**, **D**.

Ueber den Mechanismus des Jotacismus braucht daher wohl nicht umständlich die Rede sein, da wir die Elemente desselben bereits genau angegeben haben. Die beim Anlautkonsonanten bereits gegen den harten Gaumen, mag es eine mehr vorn oder mehr hinten gelegene Stelle desselben sein, gelegte Zunge wird rasch in die **Ꭰ**-Lage gebracht und gleichzeitig mittels der Stimmbänder Ton gegeben, oder der schon (bei Semivocalis) vorhandene Ton fortgehalten. Ein wesentliches Moment ist dabei das zeitliche: der **J**-Mechanismus muss schnell vorübergehen, gleichsam als Anlaut zum nachfolgenden Vokal dienen, welcher allemal betont und oft auch lang ist. Der unvollkommene oder unreine Jotacismus hat einen grösseren zeitlichen Werth, als der vollkommene, und bildet für sich eine besondere, wenn auch sehr kurz pronuncirbare Silbe.

Die jotacirten Konsonanten können eine Anfangssilbe anlauten (z. B. *Kjölen*), oder auch eine zweite Silbe. In letzterem Falle wird der Anlautkonsonant verdoppelt, das heisst, zwischen die beiden Silben vertheilt, so dass er sowohl die vorhergehende Silbe auslautet, als auch die neue anlautet, z. B. *mul–ljé* (französisch *mouillé*), *Kal–ljostro* (italisch *Cagliostro*), *nun–njez* (spanisch *nuñez*), *nju* (englisch *new*).

Der Jotacismus findet sich in sehr vielen Sprachen, vom Sanskrit bis auf die gegenwärtigen. Er fehlt aber auch manchen, und zwar sehr ausgebildeten Sprachen, namentlich der griechischen, lateinischen und neuhochdeutschen Sprache. Doch findet in letzterer Kudelka wenigstens Anklänge daran.

Die Bezeichnung des Jotacismus in den verschiedenen Schriftsprachen ist ziemlich mannichfaltig. In der Javanischen Sprache giebt es für die

jotacirten Buchstaben (**Dja**, **Tja**, **Nja**) besondere Zeichen; im Sanskrit geschieht diese Bezeichnung ganz normal durch nachgesetztes *Ja* (य); vielleicht gehört auch ञ und ज्ञ hierher. In andern Sprachen wird er bald durch das nachgesetzte **j** oder **y**, bald durch vorgesetztes **i** mit Verdoppelung des Grundkonsonanten (im Französischen), bald durch vorgesetztes **g**, bald durch Durchstreichung oder irgendwelche Bezeichnung des jotacirten Konsonanten ausgedrückt. Das jotacirte **N**, überhaupt der am häufigsten so gebräuchte Sprachlaut, wird im Spanischen durch das übergesetzte Zeichen ñ (*Tilde*) ausgedrückt, im Polnischen ist es ń. Im Englischen wird das **j** gar nicht zum vorstehenden Konsonanten (**N**, **K**, **R** u. s. w.) sondern zum nachlautenden Vokal, der hier stets **u** ist, (**ew**) gezogen. Aehnlich verfährt die russische Sprache, welche das Englische **ew** durch ihr **Ju Ю** ausdrückt. Kudelka macht aus dem jotacirten **N** sein **n**⁴, oder sein hinteres palatales **N**. Zu bemerken ist ferner, dass nicht überall, wo in der Schrift ein **j** hinter einen Konsonanten gesetzt ist, an wirklichen Jotacismus zu denken ist, sondern in sehr vielen Fällen ist er unvollkommen, namentlich also allemal, wo Labialkonsonanten mit einem **J** verbunden werden. Dies gilt namentlich von der polnischen und andern slavischen Sprachen, wo der Jotacismus vorzugsweise die Rolle eines Erweichungsprocesses spielt, als solcher aber auch so häufig verwendet wird, dass zu dessen Bezeichnung ein eigenes, einem gewöhnlichen Akcent ähnliches Zeichen existirt, welches über den zu jotacirenden Buchstaben (**b**, **c**, **ds**, **m**, **n**, **p**, **s**, **w**) gesetzt wird.

Der Jotacismus hängt etymologisch mit der Verbindung des **Sh** oder **Sch** mit andern Vokalen zusammen, was schon aus der wechselnden Aussprache des geschriebenen **J** hervorgeht. Wir wissen, dass diese Erscheinung ihren physiologischen Grund hat, indem **Ŋ** (J, Y) durch geringe Zungenbewegung in **Sh** und dieses durch geringen Zusatz von Lippenbewegung in **Sch** übergeht. S. oben S. 870. Je nachdem nun bei der einen und der andern Nation mehr der **Ŋ**- oder der **Sh**-Mechanismus in dergleichen Kombinationen zur Norm erhoben wurde, mussten auch die dafür eingeführten schriftlichen Zeichen verschieden ausfallen. Man vergleiche über diesen Gegenstand Bindseil's Schrift, S. 467 ff.

Unterschiede der Stärke und Währung der Konsonanten.

Die Stärke und Schwäche eines Konsonanten ist bei den verschiedenen Mechanismen derselben sehr verschieden. Bei den Explosivae liegt dieselbe im Stosse und Drucke der dabei wesentlichen Organe gegeneinander. Es kann demnach jede einzelne Explosiva für sich stark oder schwach sein, je nachdem man die Organe mehr oder weniger zusammendrückt; z. B. das **B** in *Baden* lässt sich, mit Vermeidung der Adspiration, weich oder hart erzeugen, ohne dass das **B** dadurch seine wesentlichen Eigenschaften einbüsst. Weniger lassen sich solche Unterschiede in unserm **T** nachweisen; hier sind wir, der nachfolgenden Adspiration wegen, gewohnt, den Druck der Zunge gegen den Gaumen oder die Zähne ziemlich stark zu erzeugen, aus welchem Grunde auch der Gebrauch entstanden ist, das **T** hart zu nennen im Vergleich zum **D**. Wir schreiben aber auch **T** oder **TT**, wo wir von Rechtswegen **DD** schreiben sollten. Eine solche Verdoppelung des Konsonanten tritt überall ein, wo derselbe von einem kurz betonten Vokale angelautet wird, und zu einer neuen Silbe selbst den Anlaut bildet, z. B.

Abba, Rappe, Hatte, Buddaismus, Hacke, agger. Sollte nicht in allen diesen Fällen der Explosivlaut hart geschrieben werden? Der Unterschied zwischen Hart und Weich datirt sich offenbar aus dem Sanskrit. Mit der Adspiration kommen wir hier nicht durch, denn diese kann in Worten, wie *Rappe, Hatte,* recht gut fehlen, und doch fällt der Explosivlaut unzweifelhaft hart aus. Ich glaube, diese Differenzen lassen sich befriedigend lösen, wenn man annimmt, das die beiden *Dha* des Sanskrit (ढ und ध) unserm **Th** (dem producirtem **D**), ebenso folglich auch das *Bha* (भ) unserm **Ph**, und *Gha* (घ) dem **Ch** in seiner 3. Varietät entsprechen. Bei dieser Annahme könnten wir ferner mit Chézy annehmen, dass die sogenannten Cerebrales (Palatales nach Bopp) Verdoppelungen der einfachen Dentales darstellen, wenn nur diese **D**-Laute nicht isolirt ständen, denn weder für den Gaumen- noch für den Lippenexplosivlaut finden sich analoge Verdoppelungszeichen vor. Besser ist es daher, wir nehmen an, dass auch das Sanskrit-Alphabet kein Ideal ist und seine Mängel an sich trägt, dass namentlich ध, ढ, ebenso wie ख (*kha*) und फ (*pha*) überflüssige Zeichen sind, die überhaupt keine physiologische Rechtfertigung zulassen. Ich muss durchaus auf meinem früher ausgesprochenen Satz bestehen, dass es gar keinen natürlichen (wesentlichen) Unterschied der Härte und Weiche der Explosivae giebt, sondern nur reine oder harte, und adspirirte Explosivae. Das, was wir weich zu nennen pflegen, ist dem Wesen der Explosivae von Natur zuwider. Demnach würde freilich in der Schrift eine grosse Umgestaltung vor sich gehen müssen. **G**, **B**, **D** würden die reinen, harten Explosivae darstellen, und **K**, **P**, **T** die adspirirten. Wo also immer die Adspiration fehlt, da muss das Zeichen des bisherigen sogenannten weichen Explosivlauts stehen, welches, wenn ein kurzer, betonter Vokal vorhergeht, verdoppelt werden mag. Man schreibe also *Rabbe, hadde, bader, Agger* statt *Rappe, hatte, pater, Acker,* wenn man dem Explosivlaut keine Adspiration nachfolgen lässt. Weich werden die Explosivlaute nur durch Produktion, wo denn **G** in unser **Gh** oder das sogeschriebene **Ch**, **B** in **Bh** oder gar in **W**, und **D** in **Dh** übergehen muss. Hier hat der Ausdruck weich einen vernünftigen Sinn. Aber die bisherigen, von der Adspiration unabhängigen, Unterschiede von Hart und Weich waren nur zufällig, von der Willkühr des Sprechenden, vom Ausdruck der Rede oder von der zeitlichen und akcentuistischen Qualität des vorangehenden Vokals abhängig.

Ausser den Explosivae lässt sich bei keinem Konsonanten von Härte oder Weichheit sprechen, nur von Stärke und Schwäche. Eigentlich ist auch die Härte und Weiche der Explosivae nichts weiter. Jede Körperbewegung, also auch die der Sprachmuskeln, und die der Wind gebenden Muskeln kann mit mehr oder weniger Energie oder Emphase vor sich gehen: die gebildeten Schallritzen können länger oder kürzer festgehalten, dabei die Luft mit grösserer oder geringerer Tension durchgetrieben werden: bei den Semivocales kann die Glottis stärker oder schwächer intonirt werden: alles dies muss natürlich einen Sprachlaut mehr oder weniger stark, d. h. vernehmlich, machen. Zur schriftlichen Bezeichnung höherer Stärkegrade der Literae continuae hat man, wo es für nöthig erachtet wurde, sich namentlich dadurch zu helfen gesucht, dass man den einfachen Laut zweimal setzte, was wenig-

stens mit **R**, **L**, **M**, **N**, **S**, den beiden **G**, **K**, **D**, **T**, **B**, **P** und **F** zu geschehen pflegt, und in der Wirklichkeit auch mit den übrigen Konsonanten, als **Ch**, **Sch**, **Dh**, **V**, **W** und **Bh** in allen Fällen, wo ein kurzer, betonter Vokal vorhergeht, geschieht, wenn auch die Schrift eine solche Verstärkung nicht anzeigt. Oder man setzte einen sogenannten Verstärkungslaut dem zu verstärkenden Konsonanten vor oder nach, z. B. **ck**, **gk**, **dt**, **bp**, **tz**, **sz**, was nun freilich in der Regel ein höchst unphysiologischer Behelf ist und nicht geduldet werden darf, da wir mit der einfachen Doppeltsetzung des fraglichen Konsonanten in allen Fällen auskommen *). Es liegt übrigens in der Natur der Sache, dass solche Verstärkungen nur da vorkommen können und schriftlich ausgedrückt werden dürfen, wo sie durch einen scharfen Vokal provocirt werden, also nie zu Anfange eines Wortes, sondern nur zu Ende einer Endsilbe oder beim Zusammenstoss zweier Silben, z. B. *dass, hopp, retten, Hakke* u. dgl.

Mit der Verstärkung hängt die Dauer oder zeitliche Währung der Konsonanten zusammen. Im Allgemeinen währen dieselben beim Sprechen nicht so lange, als die Vokale, welche immer den Fluss der Rede erhalten und fortführen müssen, während jene blosse Unterbrechungen oder Beschränkungen dieses Flusses darstellen. Im Besondern lassen sich die Konsonanten hinsichtlich ihrer Währung in 3 Klassen theilen, in Explosivae, Continuae mere strepentes und Continuae semivocales. Bei den Explosivae fällt die zeitliche Währung auf das 2. Moment oder Stadium derselben, bei welchem die betheiligten Organe in vollständiger gegenseitiger Berührung oder Zusammendrucke sich befinden. Dieses 2. Moment währt beim Anlaute stets nur einen Augenblick oder nur ein Paar Tertien: währt es länger, so entsteht ein Sprachfehler, wie wir weiter unten genauer zeigen werden. Steht der Explosivlaut dagegen zwischen 2 Vokalen, also auf dem Uebergang einer Silbe zur andern, so dass er beiden Silben angehört, die eine aus-, die andere anlautet, so währt das 2. Moment länger, und es kann hier der Schluss des Ansatzrohrs beim gewöhnlichen ruhigen Sprechen bis $^1/_2$ Sekunde anhalten. Kürzere Zeit, doch länger, als beim Anlaut, dauert das 2. Moment der Explosivae beim Auslaut, z. B. *Rapp, ab, seit, Tak,* besonders wenn der anlautende Vokal lang oder geschärft ist. Bei den adspirirten (harten) Explosivae ist noch die Adspiration oder das 3. Moment seiner zeitlichen Währung nach zu berücksichtigen. Diese muss jedoch in der Regel sehr kurz sein, mag das 2. Moment gedauert haben, so lange man will, nur bei sehr ausdrucksvollem oder absichtlich gedehntem Vortrage wird die Adspiration etwas verlängert. Bei den Continuae mere strepentes muss aus natürlichen Gründen die Währung des sprachlichen Lautes oder Geräusches länger ausfallen, damit das Gehörorgang hinlänglich davon afficirt werde. Es gehören hierher **Gh**, **Ꝺ**, **Dh**, **S**, **Sch**, **V**, **Ph**, **F**. Am kürzesten kann **S** gehalten werden, da dies gleichsam eine Semivocalis *per se* ist, die schon in dem geringsten Zeittheilchen vernehmlich wird, am längsten **V** und **Ph**, weil deren Geräusch am wenigsten ins Gehör fällt, so dass diese Buchsta-

*) Indessen lassen sich Kombinationen, wie **gk**, **dt**, **bp** vom physiologischen Standpunkte vertheidigen, da bei denselben die Adspiration nur am Ende eines solchen Doppelkonsonanten eintreten kann, während die als Anlaut gedachte Hälfte desselben frei davon ist. Also wäre es nicht zu verwerfen, wenn man schriebe: *Hag-ke, red-te, hab-py* u. s. w. statt *Hakke, rette, happy.* Doch ist auch dies nicht nöthig.

ben in aufsteigender Ordnung vielleicht so gestellt werden dürften: **S**, **Sch**, **F**, **Ð**, **Dh**, **Gh**, **Ph**, **V**. In der Praxis wird allerdings dieser zeitliche Unterschied in der Regel nicht sehr bemerkt; indem durch eine geschickte Handhabung des Mechanismus bei allen diesen Lauten ein sich gleichbleibender Zeitwerth hergestellt werden kann: allein wir sprechen auch hier nur von dem Minimum temporis, was zur Vernehmung eines Sprachlauts hinreicht. Dieses dürfte von 10 Tertien (**S**) bis auf 25 — 30 Tertien (**V**) anzusetzen sein, welcher Zeitraum bei Verstärkung ebenfalls ziemlich auf das Doppelte zu steigen pflegt. Zu bemerken ist noch, dass je geringer diese Währung eines der genannten Konsonanten ist (wir wollen sie virtuelle Dauer nennen), desto grösser seine Kombinationsfähigkeit ausfällt. Ein Blick auf unsere Tafel wird diesen Satz beweisen. **S** und **Sch** haben jedes 22 — 24 Verbindungen, **F** 23, **Ð** 20, **Dh** und **Gh** 18, **Ph** 15 und **V** 10. — Die Continuae semivocales erfordern ebenfalls eine ziemliche Zeitdauer zu ihrer Vernehmung. Am sichersten lässt sich dieser zeitliche Werth beim **R** berechnen. Nach meiner Schätzung gehen etwa 12 Uvula-Schläge oder Vibrationen (beim hintern **R**) auf 1 Sekunde. Da nun für das kürzeste **R** 3 solcher Schläge erforderlich sind, so würde der geringste mögliche Zeitwerth des **R** guttur. einer Viertel Sekunde oder 15 Tertien gleich sein. Ebenso viel Zeit braucht etwa das **N** guttur. Dann folgt **M**, dann **N**, dann **L**, dem ich als Minimum etwa 8 Tertien geben möchte. Ein besonderes Verhältniss zwischen Zeitdauer nnd Kombinationsfähigkeit scheint hier nicht statt zufinden. Letztere ist bei den Semivocales im Allgemeinen geringer, als bei voriger Abtheilung, ohne dass die Zeitdauer derselben im Verhältniss gestiegen wäre.

Von etwas mehr Interesse ist die zeitliche Währung bei den zusammengesetzten Konsonanten. Im Allgemeinen treten hier die einfachen Konsonanten mit ihren möglich kürzesten Zeitwerthen zusammen; ja, wo der Mechanismus des einen oder andern Konsonanten bei dieser Kombination abgekürzt wird, da wird noch etwas an Zeitwerth abgebrochen. Dies gilt so ziemlich von allen in unserer Tabelle fettgedruckten Verbindungen.

Durch Uebung im Schnellsprechen können es allerdings die Sprachorgane dahin bringen, die einzelnen Artikulationen in noch kürzerer Zeit, als wir hier als Norm angegeben haben, zu produciren. Im Parlando des komischen Gesanges müssen oft 4 — 6 Silben in einer Sekunde gesprochen werden, ja die Italiäner, die allerdings nicht so viele Konsonanten zu bewältigen haben, als wir Deutsche, bringen es sogar zuweilen auf 8 Silben während einer Sekunde. Dass hierbei auf den einzelnen Konsonanten, auch wenn wir für jede Silbe nur einen annehmen und diesem die Hälfte der Zeitdauer der Silbe einräumen, nur $^1/_{16}$ einer Sekunde, oder 4 Tertien kommen, scheint fast unglaublich, wenn es nicht wirklich schon geleistet worden wäre. Allein von einer deutlichen, vernehmlichen Aussprache kann unter diesen Umständen wohl kaum (höchstens bei bedeutungslosen, oft wiederholten Silben oder Worten) die Rede sein. Die Silbe *ga, ba* oder *da* vermag ich in einer Sekunde 8 — 10 Mal zu bilden, die Silbe *la, ma, sa* 6 Mal, die Silbe *ra* nur 4 Mal.

Bei der leisen, tonlosen Sprache gehen weiter keine Veränderungen in der Pronunciation der Konsonanten vor, als dass die Semivocales ihren Klang verlieren, weil die Simmbänder nicht tönen. Alle Explosivae und

Continuae mere strepentes, **J** und **W** ausgenommen, bleiben unverändert: selbst die Adspiration bei **K**, **T** und **P** verbleibt. **J** geht in **Ɗ**, **W** in **V** über, s. oben. Man unterscheide aber wohl die leise, tonlose Sprache, das Flüstern, von der leisen, tonarmen Sprache, wo die Glottis möglichst piano fungirt. Dieses Piano gelingt am besten im Falset, das sich deswegen gerade nicht in den höchsten Tönen zu bewegen braucht. Endlich giebt es noch eine leise Sprache mit künstlich heiserem Vortrage, wo es in der Glottis nur zur halben Schallwellenbildung, nicht zum Tone, sondern zum Geräusche kommt. Der grössere Theil der Luft streicht unverarbeitet hindurch, und nur ein Theil derselben bringt durch Reibung ein Geräusch hervor.

Ueber die sogenannte Verstummung der Explosivae am Schluss eines Wortes haben wir schon früher gesprochen, s. S. 853.

Die Fehler,

welche bei der Bildung oder Artikulation der Konsonanten begangen werden, und welche man auch oft unter dem Kollektivnamen Stammeln (Paralalia literalis mihi) zusammenfasst, zerfallen ihren Ursachen nach ebenso, wie die Vokalfehler, in anatomische (organische) und physiologische (funktionelle). Bei den anatomischen Artikulationsfehlern haben wir zunächst, wenigstens wenn wir die Absicht haben, dieselben zu beseitigen, zu untersuchen, ob nicht das Uebel schon im Stimmorgane oder in den die Tonbildung vermittelnden Organen seinen Sitz habe, was bei denjenigen Konsonanten, die die Stimmbänderschwingungen zu ihrer Bildung bedürfen, recht wohl der Fall sein kann; ferner ob das den Sprachfehler erzeugende und unterhaltende Gebrechen, dessen Sitz natürlich vor Allem zu erforschen ist, durch einen noch bestehenden Krankheitsvorgang bedingt sei, nach dessen Ablauf auch das Aufhören des Sprachfehlers sich erwarten lasse, oder durch die hinterbliebenen Folgen eines bereits abgelaufenen Krankheitsprozesses unterhalten werde; und wiederum in letzterem Falle, ob sich diese Folgen irgend wie, und wäre es mittels des Messers oder mechanischer Beihülfen, beseitigen lassen oder nicht. Funktionelle Artikulationsfehler nennt man gewöhnlich diejenigen, welche aus einem angeborenen oder früher oder später erworbenen Mangel an Geschick oder Kraft, die sonst anatomisch normalen Organe des Ansatzrohrs in die für die gewünschte Artikulirung erforderlichen Bewegungskomplexe treten zu lassen, hervorgehen. Dabei muss man freilich im konkreten Falle wieder fragen, woher jener Mangel entstanden ist, und wodurch er unterhalten wird; und man wird auch hier in der Regel wieder auf das anatomische Gebiet verwiesen werden, wenigstens insofern die Nerven und Ernährungsgefässe, die hier in der Regel ihre Dienste nicht gehörig versehen, auch zu den anatomischen Elementen gehören. Endlich dürfen wir auch bei den Fehlern der konsonantischen Artikulation von dem Respirationsorgan nicht Umgang nehmen, insofern bei einer grossen Schwäche der Exspirationsmuskeln der respirativen Luftsäule nicht der Tensionsgrad gegeben werden kann, welcher zur Erzeugung mancher artikulatorischen Geräusche erforderlich ist. Wir sehen also, dass wir es bei den Fehlern der Bildung der Konsonanten genau mit denselben Ursachen zu thun haben, wie bei den Vokalfehlern, nur dass hier die eine Klasse dieser Ursachen mehr in den Vordergrund tritt, als die andere.

Wir haben bereits in der speciellen Physiologie der Konsonanten einige, besonders funktionelle Fehler, die bei der Pronuncirung derselben began-

gen werden, namhaft gemacht. In gegenwärtigem Kapitel wollen wir die wichtigsten Artikulationsfehler nach ihren mechanischen Ursachen und anatomischem Sitze in eine Uebersicht bringen, und einige Vorschläge zu ihrer Beseitigung beifügen*).

1) Paralalia lingualis. Die artikulatorischen Zungenbewegungen (s. S. 238) können unzureichend oder erschwert werden, wenn einzelne Zungenmuskeln ihre Kontraktilität zum Theil verloren haben, was namentlich bei den hintern Muskelapparaten der Zunge häufig vorkommt. Da nun jede Muskelerschlaffung eine stärkere Kontraktion in dem Antagonisten hervorruft (s. S. 668), so findet man bei Sprachfehlern verhältnissmässig öfter den Musculus genioglossus stärker entwickelt oder verkürzt, als die hintern Zungenmuskeln. Dies bedingt eine Unfähigkeit, das **K** gut zu artikuliren und zu adspiriren: denn es klingt dann immer wie **g** dur. Datirt sich dieser Fehler aus der ersten Kindheit, so vermag das Individuum meist gar nicht, den Hintertheil der Zunge gegen den Gaumen zu drücken, und sucht daher diese Artikulation mit einem andern Zungentheil, der hier nur die Spitze sein kann, auszuführen, es pronuncirt daher **d** statt **k**. Zur Beseitigung dieses Fehlers drücke man mit dem Finger den Vordertheil der Zunge nieder und lasse **d** zu artikuliren suchen: es wird sich dann freiwillig das gewünschte **k** bilden. Für hartnäckige, auch noch andere Artikulationen, besonders die des **R** palat., erschwerende Fehler dieser Art hat man früher die Durchschneidung des Genioglossus nebst Geniohyoideus vorgeschlagen. — Fehlt der Zunge die Fähigkeit, sich in einer bestimmten gehobenen Lage mit Leichtigkeit in Vibrationen setzen zu lassen, so ist die Bildung des **R** schwierig oder unmöglich; es wird dann **L** dafür substituirt. Es ist zwar selten, dass ein Individuum gar kein **R**, weder das hintere, noch das vordere, bilden kann, aber wo es vorkommt, da soll man (nach Angermann) durch Vorsetzung eines Explosivlauts die **R**-Bildung exercitando zu ermöglichen, oder (nach meinem Vorschlage) durch einen mässig tiefen transversalen Einschnitt in die Oberfläche des Vordertheils der Zunge dieses Organ zur leichtern Erlernung jener Bewegung vorzubereiten suchen. — Ueber die Fehler, die bei der **S**-Bildung begangen werden (s. S. 873), bemerke ich nur noch, dass dieser Sprachlaut auch dadurch abnorm wird, wenn sich die ganze Zungenspitze hebt und gegen die Oberzähne legt. Angermann's Kurvorschlag gegen diesen Fehler ist zu undeutlich ausgedrückt (a. a. O. S. 44). Ausserdem wird die Bildung des **S**, so wie die des **N** und der **D**-Laute sehr beeinträchtigt sein, wenn die Zunge, zunächst deren Spitze, zu dick ist, so dass letztere zu weit nach hinten anschlägt. Man muss hier das Individuum so weit bringen, dass es gehörig fühlt oder sich bewusst wird, ob es mit seiner Zungenspitze die Oberzähne oder den Gaumen berührt. Ueberhaupt bilden die Fälle, wo die Zunge für den Rauminhalt der Mundhöhle etwas zu voluminös ist, wo sie an einer angehenden Hypertrophie leidet, das grösste Kontingent der zum Stammeln zu rechnenden Sprachfehler. Fast alle Sprachlaute, besonders ausser den genannten noch **ch**, **g**, **j**, **ng** und **l**, und selbst die Vokale **a**, **o** und **u** erhalten ein widerwärtiges

---

*) Vergl. meine Abhandlung über das Stammeln in Schmidt's Encyklopädie der gesammten Medicin. 6. Bd. Leipzig 1842; ferner meine: Indikationen zur operativen Behandlung des Stammelns, in Schmalz' Beiträgen zur Gehör und Sprachheilkunde. II. Heft. Leipzig 1846.

Timbre, und lassen sich vom Zuhörer nicht leicht unterscheiden; die Konsonanten erhalten etwas Weiches, Unbestimmtes, sie fliessen gleichsam mit dem Vokalstrome zusammen, und das ganze Sprechen erhält einen eigenthümlichen Anstrich, den die Franzosen durch *empaté* bezeichnen. Zur Beseitigung dieses (bei Skrophulösen und als Folge wiederholter Zungenentzündung nicht seltenen) Uebels hat man verschiedene Operationen, Einreibungen (in die Zunge) und ableitende Mittel empfohlen. Das Meiste muss natürlich auch hier die Zungengymnastik thun, bei welcher das Hauptprincip sein muss, von dem Leichtern zum Schwerern fortzuschreiten.

2) Paralalia palatina, tonsillaris, nasalis. Ist der weiche Gaumen rheumatisch oder sonst auf eine Art afficirt, dass die Muskeln desselben unthätig bleiben, so müssen sämmtliche Vokale einen guten Theil dessen, was sie eben zu artikulirten Lauten macht, einbüssen: verhältnissmässig am besten gelingt noch **ä**, **e** und **i**, wofern das Volumen des Gaumens nicht sehr zugenommen hat. Bei chronischen Laxitäten des weichen Gaumens kann **ch** und **r** palat. nicht deutlich artikulirt werden. Bei chronischer Anwulstung desselben verliert die Stimme ihr Metall, die meisten Artikulationen ihre Präcision, und das **R** palat., das **Ng**, nach Wutzer auch das **L** entbehren der deutlichen Artikulirbarkeit, selbst **M** und **N** werden ihr normales Timbre verlieren. Bei gespaltenem Gaumen oder grossen Gaumendefekten kann der Nasenkanal nicht vom Mundkanal abgesperrt werden und umgekehrt: es leidet daher das ganze Sprachgeschäft in sehr entstellender Weise. Denn nicht genug, dass die Vokale ein nasales Timbre bekommen (s. S. 825), dass **R** palatale, **Ch**, **N**, meistens auch **G** dur und **K** ihrer Specificität nach gar nicht gebildet werden können, und durch andere Laute ersetzt werden müssen, auch alle übrigen Konsonanten mit Ausnahme der eigentlichen Nasales werden korrumpirt und nasilirt, was bei den Explosivae gerade hinreicht, um ihre Selbstständigkeit zu vernichten. Zur Beseitigung dieser Uebel dienen mechanische Ersatzmittel und Zuhalten der Nasenlöcher während der Bildung der bei Abschluss der Choanen zu bildenden Sprachlaute. Andere Vorschläge s. meine Abhandl. in Schmalz' Beiträgen II. S. 19. — Bei zu grosser Voluminosität der Mandeln leidet besonders die Bildung des **Ae**, **E** und **I**, so wie die der Gaumen- und Nasenlaute. Bei Obstruktion der Nasengänge geben letztere in die verwandten Explosivae über, wie wir früher gesehen haben.

3) Paralalia dentalis, maxillaris, labialis. Die zur P. dentalis gehörigen Sprachgebrechen sind die am offensten liegenden, und daher auch von Angermann und andern Nichtärzten mit besonderer Genauigkeit behandelt worden. Gleichwohl spielen die Zähne und Alveolarfortsätze der Kieferknochen beim Sprachgeschäft von allen hier interessirten Organen die untergeordnetste Rolle. Selbst **T** und **S** lassen sich bei vollständigem Mangel der Zähne wenigstens auf mässige Distanzen verständlich, wenn auch nicht ästhetisch befriedigend produciren. Mehr leidet hier die Artikulation des **F** und **V**, die hier nicht nur übel klingt, sondern auch übel aussieht. Bei falscher Stellung der Zähne werden gleichfalls die Dentallaute in verschiedenen, von Angermann (a. a. O. S. 39—41) genauer beschriebenen Modifikationen alterirt. Die Beseitigung dieser Sprachfehler ist zunächst Aufgabe des Zahnarztes. — Fehlen die Lippen ganz oder zum Theil, so können **F**, **V**, **W**, **B**, **P**, **M** gar nicht, **O**, **U** und **Sch** nur schlecht gebildet werden. Bei einer blossen Hasenscharte, wo die Lippen nicht völlig geschlossen

werden können, geht **B** in **F** oder **V** in **W** über, **U** in **O**, **M** in **N**, auch nimmt **Sch** ein falsches Gepräge an. In ähnlicher Weise wirken grosse Lippengeschwülste, Lippenkrebs u. s. w. Angermann behauptet im Stande zu sein, bei vorhandener Hasenscharte ohne mechanische Beihülfe (denn davon erwähnt er nichts) die Lippen aneinander bringen und durch ihre Muskeln kontrahiren zu lassen. Wenn er dies vermag, dann — erit mihi magnus Apollo.

Wer sich die Physiologie der einzelnen Sprachlaute und deren Verwandtschaften zu einander genau bekannt gemacht hat, der wird auch im Stande sein, bei Behandlung aller Sprachfehler, wo die Organe anatomisch normal oder wenigstens genügend reparirt vorhanden sind, den rechten Weg einzuschlagen.

IV. Verbindung der Vokale mit Konsonanten.

Silbenbildung. Silbenkombinirung.

Nachdem wir die Elemente der Sprache, die einzelnen Sprachlaute ihrem Mechanismus und ihren Eigenschaften nach kennen gelernt, auch gesehen haben, wie sich die Laute beider Hauptklassen unter einander verbinden, also, wie sich Vokale mit Vokalen, Konsonanten mit Konsonanten zusammensetzen: gehen wir jetzt zu der zweiten Hauptabtheilung unserer Abhandlung über, in welcher wir von der freieren Zusammensetzung der Sprachlaute unter einander, also von der Sprache selbst, uns aussprechen wollen. Die wesentlichen Glieder der Sprache sind die Silben, das heisst, einfache Verbindungen der Vokale mit den Konsonanten. Es kann zwar auch Silben geben, die nur aus einem Vokale oder einem Diphthongen bestehen. Da aber solche Silben in physiologischer Hinsicht nicht von den einfachen Vokallauten abweichen, so beschränken wir zuvörderst den Begriff einer Silbe auf die Verbindungen der Vokale mit den Konsonanten, und werden erst später, wenn wir von den Verbindungen der Silben unter einander sprechen, diesen Begriff auch auf die einlautigen Silben ausdehnen.

Auf den ersten Anblick scheint dem gewöhnlichen, geläufig sprechenden Menschen nichts einfacher, als das Wesen der Verbindung eines Vokals mit einem Konsonanten oder umgekehrt. Wir sprechen nun eben, wie uns der Schnabel gewachsen ist, wir haben von erster Kindheit an die Silben und Worte, die uns vorgesprochen wurden, instinktmässig nachgebildet, haben sprechen gelernt, wie andere Menschen, das Sprechen ist uns gleichsam zur andern Natur geworden, und wir haben daher in der Regel gar keine Vorstellung davon, dass es anders sein könne. Anders nimmt sich dagegen schon die Sache aus, wenn wir Menschen betrachten und sprechen hören, welche sich nicht in denselben zur Erlernung des Sprechens günstigen Verhältnissen befunden haben oder noch befinden, wie wir Menschen, die von erster Kindheit an taub gewesen sind, oder bei denen wenigstens zu der Zeit, wo sie die ersten Sprachversuche machten, Bedingungen obwalteten, welche dem Mechanismus der Silbenbildung nachtheilig waren, also Taubstumme und Stotternde. Sehen wir einstweilen von den Taubstummen ab, und betrachten wir nur jetzt den Stotternden, so werden wir bei einer nur einigermaassen aufmerksamen Untersuchung, welcher freilich, beiläufig gesagt, bisher nur wenige wissenschaftlich befähigte Männer sich unterzogen haben, bald inne werden, dass diese Unglücklichen zwar keine Schwierigkeit darin finden, die einzelnen Sprachlaute für sich

richtig zu bilden, wohl aber in der sprachlichen Zusammensetzung der Konsonanten mit den Vokalen. Sie mühen sich oft ab, einem Konsonanten den ihm zugehörigen Vokallaut folgen zu lassen, damit eine Silbe daraus werde, während sie in der Regel die Verbindung eines Vokals mit nachfolgendem Konsonanten ohne alle Schwierigkeit, ohne Anstoss vollziehen. Ja selbst Silben, die mitunter dem guten Sprecher schwierig fallen, sprechen sie ganz gut und sicher aus, dagegen stocken sie gar heftig bei solchen, die gewöhnlich für die leichtesten gehalten werden, die das normal organisirte Kind am ersten bilden lernt. Alles dies und alle übrigen Beobachtungen, die wir an Stotternden und andern an ähnlichen Sprachfehlern leidenden Individuen zu machen häufige Gelegenheit haben, und von denen wir gleichfalls weiter unten ausführlicher sprechen werden, führen uns zu dem Schlusse, dass der Mechanismus der Silbenbildung eine Sache ist, die sich nicht so ganz von selbst versteht, wie etwa die Bewegung des Herzens oder die Verdauung oder eine ähnliche natürliche, unwillkührliche Verrichtung; eine Sache, die auch noch lange nicht nothwendig erfolgen muss, wenn die Elemente der Silben, die Vokale und die Konsonanten, bereits virtuell vorhanden sind oder einzeln gebildet werden können, sondern dass hierzu noch besondere Thätigkeiten oder Fertigkeiten erfordert werden, welche bei den elementaren Mechanismen noch nicht vorkamen. Hiervon wollen wir in gegenwärtigem Kapitel sprechen. Wir betrachten übrigens einen Gegenstand, der, so nahe er auch liegt, doch bisher noch gar nicht wissenschaftlich erörtert worden ist, der seine eigenthümlichen Schwierigkeiten hat, und ich rechne daher auf des Lesers Nachsicht, wenn mein Vortrag noch Manches zu wünschen übrig lassen sollten.

Die Silbenbildung kann bekanntlich auf zweifache Art vor sich gehen. Entweder macht ein Vokal den Anfang, bildet den Anlaut, dem ein einfacher Konsonant oder eine Kombination von zwei oder mehrern Konsonanten nachfolgt; oder ein Konsonant, der wiederum einfach oder zusammengesetzt sein kann, beginnt die Silbe, und ein Vokal setzt sie fort. Dabei macht es ferner einen wesentlichen Unterschied, ob die gegebene Silbe mit vollem Athem, das heisst, unmittelbar nach geschehener Inspiration, wenigstens als erste Silbe innerhalb einer Exspiration, pronuncirt wird, oder ob ihr innerhalb derselben Exspiration bereits eine oder mehrere Silben vorangegangen sind, namentlich auch, ob die fragliche Silbe von einem und demselben A u f z u g e der Sprachorgane (welcher, wie wir weiter sehen werden, im Allgemeinen mit W o r t identisch ist) den A n f a n g oder den F o r t g a n g bildet; so wie, für letzteren Fall, ob die vorangehende Silbe desselben Aufzugs oder Wortes mit einem Vokale oder einem Konsonanten auslautet, ob dieser Konsonant in die jetzige Silbe als Anlaut fortgesetzt wird, oder, überhaupt, in welchem Verwandtschaftsgrade er zum Anlaute der jetzigen Silbe steht. Der Mechanismus der Silbenbildung ist also ein verschiedener, wenn z. B. die Silbe *Ap*, oder *Pos* gebildet wird, wenn die eine oder andere Silbe den Anfang einer, mit neuer Inspiration zu bildenden Phrase ausmacht, oder wenn sie in der Mitte oder zu Ende dieser Phrase steht; ferner, wenn sie ein Worte anlautet (selbst ein ganzes Wort bildet), oder in einem Worte steht, z. B. *Apostel*, *Appa*, wenn die vorangehende Silbe betont ist oder nicht u. s. w. Alle diese und andere Verhältnisse wollen wir jetzt näher ins Auge fassen.

Zuerst müssen wir uns das physiologische Verhältniss des Vokalismus

zum Konsonantismus in etwas allgemeineren Anschauungen, als bisher geschehen ist, versinnlichen. Die Hauptpunkte, auf die wir hier Rücksicht zu nehmen haben, sind die verschiedenen Grade der Artikulation oder der Einengungen des Ansatzrohrs bei den verschiedenen Sprachlauten, sodann die Mitwirkung der Stimmbänder, endlich die Art und Weise, wie die Sprachlaute bei der Silbenbildung auf einander folgen. Alle Sprachlaute, Vokale sowohl wie Konsonanten, sind Artikulationen des exspirirt werdenden, im Kehlkopfe zum Tönen gebrachten, oder tonlos durch denselben streichenden Luftstroms. Diese Artikulation ist am unvollkommensten, das Ansatzrohr ist also am weitesten, räumlichsten beim Vokal **A**, am vollkommensten dagegen, das heisst, das Ansatzrohr ist völlig in einer seiner Abtheilungen geschlossen bei den Explosivlauten, bei welchen also die Exspiration momentan vollständig unterbrochen wird. Zwischen dem **A** und den Explosivlauten, zunächst **P**, liegen die übrigen Sprachlaute nach ihrem Artikulationsgrade etwa in folgender Ordnung: **A**, **Ä**, **E**, **O**, **Ö**, **U**, **I**, **Ü**, **L**, **W**, **V**, **Sch**, **S**, **G** moll, **J**, **Dh**, **Ch**, **R**, **F**, **Ph**, **Ng**, **N**, **M**, **G** dur, **D**, **B**; letztere mit ihren Adspiratae. Von **L** bis **G** moll ist die Ordnung ziemlich willkührlich, da sich nicht gut bestimmen lässt, ob der oder jener Konsonant stärker oder schwächer artikulirt wird; bei **Dh** bis **Ph** werden die betheiligten Organe offenbar fester gegeneinander gelegt, als bei den vorhergehenden; die Nasallaute müssten dann erst folgen, weil bei ihnen der Mundkanal völlig abgesperrt wird (**M** wegen des Lippenschlusses steht zuletzt), und den Beschluss machen natürlich die Explosivae. Uebrigens richtet sich diese graduelle Artikulationsverschiedenheit bei den Konsonanten nicht nach dem Rauminhalte des Ansatzrohrs, sondern theils nach der Grösse der Schallritze, theils nach der Luftmasse, welche durch die Schallritze oder die Nasenlöcher in einer gegebenen Zeit hervorströmt, theils nach der Muskelkraft, welche zur Bildung und Festhaltung der Schallritze verwendet wird. Die Intensität der Artikulation steht also mit der Verengerung oder Verkleinerung des Ansatzrohrs und der Schallritze, insbesondere mit der Abnahme der exspirirt werdenden Luftmasse, und mit der Zunahme der Muskelthätigkeit in geradem Verhältniss; sie muss daher bei den Explosivae am stärksten sein.

Es liegt nun auf der Hand, dass der Mechanismus der in der vorhin aufgeführten Reihe weit auseinander liegenden Sprachlaute stärker von einander abweicht, als der der näher zu einander stehenden, dass also z. B. die Silbe *Ba* eine grosse, die *Lü* oder *Li* eine geringe Artikulationsdifferenz zeigt. Denn bei letzterer Silbe braucht nur die Zungenspitze von dem harten Gaumen ein wenig entfernt zu werden, damit der **L**-Mechanismus in den **I**-Mechanismus übergehe, während bei *Ba* die mehr oder weniger fest gegen einander gedrückten Lippen geöffnet, die Unterkinnlade herabgezogen, die geschlossene Stimmritze ebenfalls etwas geöffnet, die Pfeiler des Isthmus etwas angespannt, und die specifischen Exspirationsmuskeln in Thätigkeit gesetzt werden müssen, damit das **B** in das **A** übergezogen werde. Das Umgekehrte findet statt, wenn auf den Vokal der Konsonant folgen soll.

Betrachten wir nun das Verhältniss, in welchem die sprachliche Artikulation zur Respirationsthätigkeit steht, so kann es uns nicht entgehen, dass jede Artikulation eine Hemmung des Exspirationsaktes darstellt, welche bei den Vokalen und den meisten Konsonanten eine unvollkommene, bei den Explosivae dagegen eine vollkommene ist. Die Sprache selbst aber, der Komplex dieser Artikulationen, strebt dahin, die Exspiration zu einer schal-

'enden zu machen, jede Artikulation hat einen bestimmten Ton oder ein Geräusch zum Zwecke, und in der vom Verstand und Willen prämeditirten und vorgeschriebenen Aufeinanderfolge einer Reihe von solchen hörbaren, vom obern Theile des Respirationsorgans zu bewirkenden Zeichen (Sprachlauten), die zunächst zu Silben, d. h. Abwechselungen von Tönen (Vokalen) mit Geräuschen (Konsonanten) kombinirt werden, besteht die menschliche Sprache. Keine Silbe darf aus einem (oder doppeltem) blossen Geräusch oder Konsonanten bestehen, sonst klingt sie nicht*); wohl aber reicht ein einziger Vokal hin, um eine Silbe zu bilden. Sobald also ein Konsonant eine Silbe beginnt, muss nothwendig ein Vokal nachfolgen, wofern nicht das Wesen der Sprache verloren gehen soll. Die Hemmung, welche der Exspirationsstrom durch die Artikulation erleidet, ist ihrer Oertlichkeit nach eine zweifache, im Kehlkopfe durch die phonatorische Verengung der Stimmritze, und im Ansatzrohre, an den 3 (nach Kudelka 5) verschiedenen Zonen oder Abschnitten desselben. Den Vokalen ist die Glottisverengung wesentlich, die Ansatzrohrverengung akcessorisch; den Konsonanten ist die Verengung des Ansatzrohrs wesentlich, die der Glottis (nur für eine Anzahl derselben) akcessorisch. Es besteht demnach ein Wechselverhältniss zwischen Vokal und Konsonant hinsichtlich der Oertlichkeit ihres Mechanismus, welches durchaus niemals fehlt, wenn auch für die Vokale eine gewisse Artikulation im Ansatzrohre, und für mehrere Konsonanten eine Bewegung der Stimmritze stattfindet: dadurch wird dieses Verhältniss nur modificirt, niemals aber aufgehoben. Bei den Explosivae tritt noch der Schluss der Stimmritze hinzu, der sich aber offenbar zur phonatorischen Halböffnung derselben ebenso verhält, wie die Artikulationen im Ansatzrohr, und einer solchen gleich zu achten ist; denn im 2. Momente des Mechanismus der Explosivae fungirt die Glottis zunächst als untere Oeffnung des Ansatzrohrs, während sie bei der Vokalbildung vorzugsweise als obere Mündung des Windkanals fungirt. Es alterniren also bei jeder Silbenbildung zwei Systeme oder Gruppen von Muskeln in ihrer Thätigkeit, die des Ansatzrohrs mit denen des Kehlkopfs, oder selbst des Windkessels, des Brustkastens, und zwar bei anlautenden Konsonanten in folgenden Verhältnissen:

1) Ansatzrohr verengt — Kehlkopf verengt, mit halber Verengung des Ansatzrohrs = Consonans strep. — Vokal (**Fa**). Die luftgebenden Muskeln beiden gemeinschaftlich.

2) Ansatzrohr und akcessorisch Kehlkopf verengt — Kehlkopf verengt etc. = Consonans liqu. — Vokal (**La**). Luftgebung wie bei No. 1.

3) Ansatzrohr und Kehlkopf geschlossen — Kehlkopf und Ansatzrohr wie oben = Consonans explosiva — Vokal (**Pa**). Luftgebende Muskeln, erst passiv, dann aktiv.

Bei anlautendem Vokal finden dieselben Verhältnisse, nur in umgekehrter Ordnung statt. Auf der einen Seite stehen daher hauptsächlich die Mm. Adductores maxillae, labia claudentes, constrictores isthmi, adductores ossis hyoidei, protractores linguae, clausores glottidis (Nervus trigeminus, Glossopharyngeus, ein Theil des Hypoglossus und Facialis und Laryngeus superior); auf der andern Seite stehen die öffnenden, erweiternden Muskeln, die meisten Bewegungsmuskeln der Lippen, die Herabzieher des Unterkiefers, die Muskeln, welche die Zunge verkürzen, den Isthmus (?) und die

*) Der Ausruf: *Brr!* oder *Bst!* ist nicht als Ausnahme hiervon anzusehen.

Glottis erweitern, den Kehlkopf herabziehen (Nervus facialis grösstentheils, Hypoglossus zum Theil, Vagus [recurrens]). Im Allgemeinen verbindet sich also eine stärkere oder ausgebreitetere, vorzugsweise im Ansatzrohre stattfindende, geräuschvolle Artikulation mit einer beschränkteren, vorzugsweise im Kehlkopf stattfindenden, tönenden Artikulation.

Man kann nun nicht von vorn herein sagen: die konsonantische Artikulation ist an sich schwieriger zu exekutiren, als die vokale: überhaupt kommt es hier auf die Masse der in Aktivität gesetzten Muskeln am Ende wenig an, wie denn überhaupt auch keine Muskeln so anhaltend, ohne Ermüdung zu erregen, bewegt werden können, als die Sprachmuskeln. Aber in der Aufeinanderfolge, in der Umsetzung des einen Mechanismus, des einen Komplexes von Muskelkontraktionen in den andern, liegt das wesentliche Element der Silbenbildung, welches unter Umständen Schwierigkeit darbietet.

Wenn man mit einem Vokal eine Silbe anfängt, so ist das Ansatzrohr weiter geöffnet, als bei den konsonantischen Artikulationen. Da nun auf jedem Momente des Sprechens das Sprachorgan, wie alle Bewegungsorgane, vermöge eines nicht näher erklärbaren Naturgesetzes (des Gesetzes der Trägheit oder der Schwerkraft) nach Ruhe, nach einem gewissen Indifferenzzustande strebt, und da von dieser vokalen Stellung der Artikulationsorgane an der Uebergang zu diesem Ruhezustand (s. oben S. 767) freiwillig, ohne neue Nerventhätigkeit, durch blossen Nachlass der angespannten Organe erfolgt, da endlich die Mechanismen der Konsonanten von diesem Ruhezustande schon mehrere Elemente besitzen, so liegt es auf der Hand, dass der Uebergang des Vokals zum Konsonanten ohne die geringste Schwierigkeit, ohne Zuwachs einer besondern neuen, das Exspirationsgeschäft molestirenden Thätigkeit vor sich gehen muss, wofern nur der fragliche Mechanismus richtig gelernt worden ist, und die dazu erforderlichen Organe in gutem Zustande sind. Der Vokal strebt also freiwillig zur konsonantischen Artikulation, eben weil diese mit dem Indifferenzzustande schon theilweise zusammenfällt, auf demselben gleichsam gebaut ist, hinüber; kein Stotternder hat jemals bei der Verbindung des Vokals mit dem Konsonanten in Silben, wie *ad*, *ek*, *it*, *ob*, *ank*, *ist*, *erb* u. s. w. gestottert, weil es ihm gar nicht möglich ist. Wohl aber wird oft beim Vokaleinsatz selbst gestottert. Hiervon war bereits früher S. 775 die Rede.

Anders verhält es sich im umgekehrten Falle, wenn der Konsonant die Silbe anlautet, und derselbe in den Vokal übergezogen werden soll. Hier müssen die Sprachorgane aus einem Anspannungszustande, der entweder schon vollständige Unterbrechung des Exspirationsstromes ist, oder doch ihr sich annähert, und bei vermehrter Steigerung den Exspirationsstrom immer mehr einengt, plötzlich in den entgegengesetzten Zustand, den des Loslassens, der Befreiung dieses von hinten und unten mehr oder weniger andrängenden Luftstromes aus seinen Fesseln hinübergeführt werden. Dies hätte nun weiter keine Schwierigkeit, wenn es sich um nichts weiter handelte, als den eingeengten oder ganz unterbrochenen Luftstrom nur überhaupt wieder in freien Lauf zu bringen, wie denn jeder Stotternde z. B. den **B**-Mechanismus ohne alle Schwierigkeit, wenn er will, aufheben und die zurückgehaltene Luft sofort mit Oeffnung der festaneinander gedrückten Lippen herausblasen kann. Aber die Schwierigkeit besteht (zunächst nur für den Stotternden) darin, in demselben Augenblicke, wo das Ansatzrohr sich vorn und hinten (bei den Explosivae) öffnet, sofort einen Ton im Kehlkopf zu erzeu-

gen, das heisst, die Oeffnung der Glottis nicht weiter werden zu lassen, als zur Stimmbildung (zum Vokal) erfordert wird, also in einem und demselben Augenblick vorn loszulassen, zu erweitern, zu öffnen, und hinten (im Kehlkopfe) die zur Stimmbildung nöthige Verengerung mit gleichzeitiger Durchtreibung der in den Lungen befindlichen Luft zu bewirken. Der Vokal muss hier den Konsonanten gleichsam überwinden, das heisst, physiologisch ausgedrückt, die Muskeln, welche die tönende Exspiration vollziehen, müssen, z. B. bei der Bildung der Silbe *Ba*, schon während der **B**-Bildung vollkommen schlagfertig oder durch die von der inspirirten Luft herabgedrückten Eingeweide aufgezogen dastehen, so dass die Kontraktion der Abdominalmuskeln sofort mit der artikulatorischen Kontraktion der Schliessmuskeln der Lippen und der Glottis gleichzeitig ihren Anfang nimmt. Während des 2. Moments des **B**-Mechanismus, während der Absperrung des Ansatzrohrs, wird also durch die Exspirationsmuskeln der Inhalt des Unterleibs und der Brusthöhle, also auch die Lungen, zusammengepresst, die Luft also, welche sich in letztern und in der Luftröhre befindet, verdichtet und mit einer gewissen Kraft gegen das Ansatzrohr gedrängt. Es stehen sich also jetzt die Gegeneinanderpressung der das Ansatzrohr vorn und hinten schliessenden Muskeln, und der Druck der Luftsäule, als Vis a tergo, einander gegenüber. Im Normalzustande gelingt es dieser Vis a tergo, die erstere Kraft, welche das Ansatzrohr geschlossen hält, zu überwinden: beide Kompressionen nehmen sehr schnell bis zu einem gewissen Grade zu; da jedoch die Vis a tergo von Haus aus die stärkere ist, so dauert dieser Konflikt nicht lange, sondern die erstere, die konsonantische Kraft wird sehr bald von der letzterem, der vokalen, überwunden, die komprimirte Luft strömt durch die etwas sich öffnende Glottis hervor, und bildet darin den Vokal. Ist der Andrang der komprimirten Luft sehr stark, so öffnet sich die Glottis im dritten Moment weiter, es wird erst eine Partie Luft ohne Ton hervorgestossen, d. h. gehaucht, adspirirt, und erst im nächsten Moment schliesst sich die Glottis wieder so weit, dass es zur Tonbildung kommt. — Diese Vis a tergo, oder die Kraft, mit welcher sich die Exspirationsmuskeln zusammenziehen, um die eingeathmete Luft auszutreiben, muss durchaus im Verhältniss zu der Kraft stehen, mit der sich die artikulatorischen Schliessmuskeln kontrahiren. Bei der gewöhnlichen, ruhigen, zwanglosen Bildung der Silbe *Bā* (das **B** als weiches im Sinne des Sanskrit genommen) macht das 2. Moment des **B**-Mechanismus auf die exspiratorischen Muskeln fast gar keinen Eindruck. Die Kontraktion derselben setzt nur etwas schärfer ein, wenn die Silbe *Bā* den neuen Exspirationsakt beginnt, oder sie bleibt einen Augenblick auf dem Punkte, auf dem sie eben angekommen ist, stehen, wenn diese Silbe, während des Exspirationsakts gebildet werden soll. Aus diesem Augenblicke werden aber mehrere, sobald das **B** härter ausfallen (das sanskritane *Pa* प werden) soll. In dem Maasse, als die Lippen- und Backenmuskeln u. s. w. sich hier stärker zusammenpressen, müssen sich auch gleichzeitig die Bauchmuskeln u. s. w. stärker zusammenziehen, um die Luft mit der zur Ueberwindung jener konsonantischen Kontraktion angemessenen Tension zu versehen.

Zu diesem Phänomen, was wir bisher durch „Ueberwindung“ bezeichneten, gehört aber doch noch etwas mehr, als das Spiel zweier, in gewissem Verhältniss zu einander stehenden, gleichsam mit einander kämpfenden Kräfte. Beim normalen Sprechen soll es eigentlich zu gar keinem Kampfe

kommen, sondern es soll die eine Erscheinung die andere ablösen, es soll in bestimmter Ordnung die mit Ausströmung der Luft verbundene Vokalisirung sich unmittelbar der die Luft zurückhaltenden artikulatorischen Kontraktion anschliessen. Dies kann aber nicht anders geschehen, als wenn in demselben Momente, wo die vokale Ausströmung der inspirirten Luft eintreten soll, die die Luft intercipirende Artikulation freiwillig aufhört, wenn die dabei betheiligten Muskeln losgelassen werden, und nun die Kontraktion der die Oeffnung des Mundes u s. w. bewirkenden Muskeln sich mit der Kontraktion der Abdominalmuskeln u. s. w. associirt. Dieser Mechanismus hat grosse Aehnlichkeit mit gewissen Turnübungen. Beim Voltigiren oder Schwingen kommt es für mehrere Sprünge (Seitensprünge über den Schwingel) wesentlich darauf an, dass in dem Augenblicke, wo der Unterkörper mit der Länge des Schwingels parallel über demselben schwebt, die den Oberkörper stützenden Hände sofort loslassen, damit der ganze Körper ohne neue Kollision oder Häsitanz auf der andern Seite des Schwingels herabspringen kann. Ich erinnere hier diejenigen, welche mit dem Turnen vertraut sind, an die verschiedenen Hocken, an die Grätsche, Bocksprünge u. m. a. Vergl. Atlas zu Pierer's Universallexikon, 2. Aufl., Tafel 42, Fig. 1—11 und 17. Dieses „zur rechten Zeit Loslassen" ist für alle dergleichen Uebungen ebenso, wie beim Bilden von Silben, die mit harten Konsonanten beginnen, das Haupterfordniss des Gelingens. Lassen bei jenen Voltigirsprüngen die Hände nicht zur rechten Zeit los, so bekommt der Oberkörper das Uebergewicht, und stürzt über den Schwingel hinweg oder bleibt an demselben hängen. Lassen beim Bilden der Silbe *Báss* die kontraktiven Artikulationsmuskeln nicht sofort *a tempo* los, das heisst, wird nicht durch den Willen die Innervation dieser Muskeln zur rechten Zeit aufgehoben, so wird die Brust und der Unterleib ohne Erfolg von den Exspirationsmuskeln zusammengepresst, und gleichzeitig gerathen die konsonantischen Muskeln in einen krampfähnlichen Zustand: sie mühen sich ab, loszukommen, vermögen es aber nicht; denn sobald der günstige Zeitpunkt verstrichen ist, gewinnt sofort das kontraktive Element in dem Artikulationsmechanismus das Uebergewicht über das die Luft frei machende Element des Vokalisirungsmechanismus: je mehr sich die Innervation der konsonantischen Muskeln steigert, in die Länge zieht, desto unmöglicher wird die Ueberwindung derselben von Seiten des exspiratorischen Luftdrucks, und die Silbenbildung unterbleibt so lange, bis ein wiederholter Versuch vielleicht glücklicher abläuft, oder der Sprecher es vorzieht, die widerspenstige Silbe durch eine leichtere zu ersetzen. Man nennt dieses Ungeschick, Silben zu bilden, S t o t t e r n, Paralalia syllabaris (mihi); ein Sprachfehler, über dessen Wesen so lange Dunkel herrschte und herrschen musste, als das eigentliche Wesen, der wahre Mechanismus der Silbenbildung, noch nicht ins Klare gebracht worden war.

Gehen wir jetzt zu den literae continuae über. Bei den Semivocales ist, wie schon gezeigt, der Uebergang in den reinen Vokal am wenigsten komplicirt, daher denn auch die Stotternden bei solchen Silben für gewöhnlich gar keine grossen Schwierigkeiten finden. Indessen die erste Silbe, die ein Stotternder sprechen soll, macht in der Regel, wenn derselbe befangen und ängstlich ist, Schwierigkeit, mag der anlautende Konsonant heissen, wie er will. Nur fallen die Phänomene bei solchen Silben, wie *Sa*, *Ra*, *Wa* u.s.w. beim Stottern nicht so auf, wie bei Explosivanlauten, weil das Ansatzrohr hier beim konsonantischen Mechanismus nicht völlig geschlossen, der Luft-

strom nicht vollständig abgesperrt wird. Es kommt daher hier nicht zur völligen Sistirung des Flusses der Rede, nicht zum Aufhören des Sprechens, auch nicht zu krampfhaften Gesichtsverzerrungen, weil die Gesichtsmuskeln eben nicht betheiligt sind, nicht zu pressen brauchen; sondern die Artikulationsorgane verweilen nur länger auf dem konsonantischen Mechanismus, der Sprechende innervirt die betreffenden Muskeln ungebührlich stark, und so erhält die Silbe eine fremdartige Konstruktion, weil das konsonantische Geräusch in dem Moment, wo es in den Vokal überklingen soll, nicht aufhört, sondern noch eine Zeit lang mit grosser Emphase fortgesetzt wird, und der Uebergang in den Vokal gewaltsam erzwungen werden muss.

Man kann, wenn man einseitig verfahren will, das Stottern eben so gut eine Retention des vokalen Exspirationsstroms nennen, als eine Uebertreibung der konsonantischen Artikulation. Das Wahre aber ist, dass Eins ohne das Andere nicht stattfinden kann, dass nicht etwa das Eine Folge des Andern ist, sondern dass eine tiefer liegende Ursache sich in Bezug auf die Sprache durch die in Rede stehende Störung des Gleichgewichts zwischen konsonantischer und vokaler Artikulation oder vielmehr zwischen Einengung und Freimachung des exspirativen, tönenden Luftstroms manifestirt, welche Gleichgewichtsstörung nun eben ihr Wesen darin findet, dass das artikulatorische, kontraktive Element ungebührlich gesteigert, die freie Vokalisirung dagegen beeinträchtigt erscheint. Die tiefer liegende Ursache, von der wir eben sprachen, ist aber keine andere, als das bereits erwähnte Gesetz der Trägheit, welche letztere sich unter Umständen, von den wir später sprechen werden, im Exspirationsakt während der Silbenbildung merklicher manifestirt, als sie von Naturwegen soll. Wir wiederholen, dass die Vokalisirung ein grösserer, einen stärkern Fond von Muskelthätigkeit und Nervenirradiation beanspruchender Lebensakt ist, als die konsonantische Artikulation: letztere strebt nach Ruhe, nach Indifferenz, nach Verengung oder Schliessung des Ansatzrohrs; erstere dagegen strebt nach Oeffnung, nach freierem Ausströmen, und erfordert daher mehr Arbeit, mehr Anstrengung der Muskeln, und zwar eines weit grösseren Komplexes von Muskeln. Es ist daher möglich, dass unter Umständen, welche schwächend auf die Exspirationsnerven einwirken, oder bei einer angeborenen, oder nicht zur rechten Zeit überwundenen Schwäche oder Exilität der die Ausathmung bewirkenden Muskeln, das Exspirationsgeschäft nicht mit dem gehörigen Nachdruck (dieses Wort im eigentlichsten Sinne genommen) vor sich geht; die zu exspirirende Luft drückt nicht hinlänglich, weil sie nicht genug komprimirt wird, dafür ziehen sich die Muskeln, welche am Ausgang des Luftkanals sich befinden, desto stärker zusammen, nach eben demselben Gesetze, nach welchem am Orificium ani der Sphincter sich um so kräftiger, krampf- und schmerzhafter kontrahirt (z. B. bei der Ruhr), je geringer und konsistenzloser die zu eliminirende Materie ist, und je mehr also die Vis a tergo zurücktritt.

Manche Schriftsteller, Schulthess an der Spitze, haben die nächste Ursache des Stotterns in einem Krampfe des Kehlkopfs gesucht. Nach dem, was wir bis jetzt von der Physiologie der Sprache kennen gelernt haben, werden wir leicht beurtheilen können, wie viel Wahres an dieser Behauptung ist. Die Glottis, d. h. der Schliessmuskel oder die Schliessmuskeln derselben, verfallen beim Stottern allerdings in einen ähnlichen krampfartigen Zustand, wie die in der Mitte und am Ausgange des Ansatzrohrs liegenden Muskeln,

aber natürlich nur dann, wenn auf einer Litera explosiva oder auf einen Vokaleinsatz gestottert wird. Bei allen andern Konsonanten steht dagegen unter allen Umständen die Glottis mehr oder weniger offen, und ist dabei an keinen Krampf, wenigstens an keinen Glottiskrampf, zu denken. Ueberhaupt ist ja alle Muskelkontraktion bei den sprachlichen Mechanismen eine willkührliche, die der Sprecher sofort, wenn er will, unterbrechen kann, nur erfolgt die Kombination der beiden zu einer Silbe gehörigen Mechanismen beim Stottern nicht so, wie es der Sprecher will, aber nicht deshalb, weil er nicht könnte, sondern weil er falsche Mittel dazu anwendet. Allerdings ist das Oeffnen der Glottis beim Uebergang des Explosiva in den Vokal eine Hauptschwierigkeit für die Stotternden. Daher sucht er auf alle Weise die Glottis schon vorher zu öffnen, und bewirkt dies in der Regel dadurch, dass er die analoge Nasalis vor die Explosiva anlautet, also *mba* oder *nda*, *ṅga*.

Der Hauptunterschied zwischen konsonantischer und vokaler Funktion des Respirationsapparats besteht in der Verschiedenheit des Druckes auf die Organe des Brustkastens der Bauchhöhle, also auch auf die in den Lungen befindliche Luft. Zu jeder Konsonantenbildung ist ein stärkerer, koncentrirterer Luftdruck, also auch eine stärkere, energischere Kontraktion der Exspirationsmuskeln erforderlich, zur Vokalbildung eine dem Grade nach zwar geringere, weniger intensive, aber dafür extensivere, und in ihrer Ausführung schwierigere. Der konsonantische, auf die Lungenluft ausgeübte Muskeldruck ist ein mehr stätiger, auf eine weniger nach Ausströmung strebende Luftsäule gerichteter, ja bei den Explosivlauten wirkt er geradezu auf einen verschlossenen Luftbehälter: die vokale Druckwirkung der Muskeln dagegen ist immer gegen eine entweichende, und zwar in der Regel gegen eine schneller, als bei Konsonanten, entweichende Luftsäule gerichtet. Soll also bei der Silbenbildung die Vokalisirung zu Stande kommen, so muss die vokale Muskelkontraktion zur Schnelligkeit der ausströmenden Luft in Verhältniss stehen: sie muss die Luft noch erreichen, diese noch vorwärts schieben können, und zwar so, dass dieselbe noch soweit komprimirt werde, um in der Glottis einen brauchbaren Ton geben zn können. Während der konsonantischen Artikulation haben wir ferner zu unterscheiden zwischen den eigentlichen, den Konsonanten bewirkenden Muskelaktionen, und den die eingeschlossene Luftsäule komprimirenden Muskelkontraktionen. Letztere dauern fort, nachdem erstere bereits aufgehört haben. Sind nun erstere zu stark, werden z. B. bei der Silbe *Pärr* (*Per*) die Schliessmuskeln der Lippe zu heftig kontrahirt, und dann plötzlich losgelassen, so fährt die unmittelbar hinter den Lippen befindliche, im Ansatzrohr komprimirte Luft sehr rasch hervor, aber so rasch, dass die *a tergo* wirkenden Muskeln (abdominales etc.) ihr nicht folgen können, es kommt daher die beabsichtigte Vokalisation nur zum kleinen Theil zu Stande: die konsonantische Artikulation ist nur auf einen Moment, welcher durch ein sehr kurzes **ä** sich vernehmlich macht, unterbrochen, und die Lippen schliessen sich sofort mit Heftigkeit wieder, um dasselbe Phänomen noch ein oder mehrere Mal fortzusetzen, um endlich doch vielleicht zum Ziele zu gelangen. Ein sehr starker, muskulöser Organismus gelangt auch auf diese Art, also förmlich durch eine Art Faustrecht, zum Ziele; das *Pärr* wird, wenn der Sprecher einen tüchtigen Anlauf nimmt, herausgeschrieen und die Sache geht denn später, weil der Sprecher sich seiner Kraft bewusst ist, und sie bald in seine Ge-

walt bekommt, besser; aber die meisten Kinder, denen dies Unglück passirt, vermögen nicht die erste Gewalt durch eine stärkere zu besiegen, sondern fangen eben an und fahren fort — zu stottern.

So viel über den Mechanismus des Stotterns: das dynamische Moment dieses Sprachfehlers werden wir an einem andern Orte beleuchten. Wir kehren zur normalen Silbentechnik zurück, und betrachten jetzt einige specielle Verhältnisse derselben.

Wir haben schon zu Eingange dieses Kapitels bemerkt, dass es bei der Bildung derselben einen Unterschied mache, ob eine solche lang oder kurz, betont oder unbetont sei, ob sie zu Anfange, oder im Fort- oder Ausgange einer Exspiration gebildet werde, und, in beiden letzteren Fällen, ob schon und was für eine Silbe vorhergehe u. s. w. Was zuerst die Quantität der Silben anlangt, so beruht diese zunächst allerdings auf dem Vokale, allein auch der Konsonant hat daran seinen Antheil. Bei den Explosivlauten, wenn sie anlauten, tritt dies noch am wenigsten hervor: das 1. und 2. Moment des Mechanismus derselben ist zeitlich bei langem sowohl als kurzem vokalen Nachlaute dasselbe, nur das 3. Moment, die Rückbewegung der dabei interessirten Organe, richtet sich nach der Quantität des Vokals, so dass z. B. in *Dás* die an den Zahnrand gepresste Zungenspitze rascher zurückgeschnellt wird, als in *Dame*. Bei den Continuae dauert das stätige Moment, die Geräuschbildung ebenfalls länger, wenn ein langer, als wenn ein kurzer Vokal folgt. Nur wenn gestottert wird, zieht sich hier auch vor kurzen Vokalen dieses Moment mehr oder weniger in die Länge. Anders verhält es sich, wenn der Konsonant die Silbe auslautet. Hier dauert das Geräuschmoment, wenn ein kurzer, betonter Vokal vorhergeht, länger, als wenn ein langer oder ein kurzer unbetonter Vokal vorhergeht. Am deutlichsten lässt sich dies am **R** nachweisen, da sich dessen Vibrationen von einem geübten Ohre zählen lassen. Aus diesem Grunde hat man für die Schrift, um diesen Unterschied hervorzuheben, die Verdoppelung des Konsonantenzeichens eingeführt, z. B. *Hérr, Réff, Fáll* u. s. w. Nach Diphthongen findet diese Verlängerung des konsonantischen Geräusches nicht statt, da diese, wie wir oben (S. 829) gesehen haben, niemals reine Kürzen bilden können. Ist der auslautende Konsonant eine Explosiva, so kann natürlich keine Verlängerung derselben eintreten, da deren Artikulation kein Geräusch bildet; dafür tritt eine qualitative Verschiedenheit ein, indem der Zusammenschlag der bezüglichen Organe verstärkt wird*). Auch in diesem Falle hat man für gut befunden, in der Schrift diese Verstärkung durch Verdoppelung des Zeichens auszudrücken. Nach Diphthongen und langen einfachen Vokalen darf also der nach- oder auslautende Konsonant in der Schrift nicht verdoppelt werden. Ich brauche wohl nicht erst besonders darauf hinzuweisen, wie häufig in der Schrift aller Sprachen gegen diese Regeln gefehlt wird.

Hier müssen wir noch einen streitigen Punkt ausmachen. Bedingt diese Verstärkung des konsonantischen Mechanismus bei den Explosivae die nachfolgende Adspiration, oder kann, bei vorauslautendem kurzen, betonten Vokale, auch der weiche Explosivlaut verstärkt (in der Schrift verdoppelt) zum Vorschein kommen? Hierüber lassen sich folgende Regeln aufstellen.

---

*) Dasselbe behauptet (jedenfalls lange nachdem ich vorstehendes [vor 11 Jahren] geschrieben hatte) R. von Raumer in der Zeitschrift für österreichische Gymnasien 6. Jahrg. 7. Heft. — S. auch Kudelka S. 29, welcher auf diese Erscheinung seine Theorie von den geschnittenen Vokalen gründet.

1) Wenn der Gaumenexplosivlaut eine kurze betonte Silbe auslautet, so wird er immer adspirirt, mag die Silbe stehen, wie sie will, mag die nächste Silbe sich unmittelbar oder mittelbar anschliessen, mit einem Konsonanten (nur das **G** dur selbst ausgenommen) oder Vokale anlauten. Z. B. *Dikk* (*Dick*), *Lockpfeife, Hackeisen.*

2) Wenn eine solche Silbe mit dem Zungenexplosiv auslautet, so unterbleibt die Adspiration, wenn darauf in demselben Aufzuge, eine mit einem Vokale, oder mit **L**, **S**, **Sch**, **D** anlautende Silbe folgt; vor den übrigen Buchstaben dagegen, und wenn eine, wenn auch kurze Pause dazwischen liegt, wird das **D** allemal adspirirt, also **tt**. In der Schrift kann jedoch darauf keine Rücksicht genommen werden, da sonst ein und dasselbe Wort, je nach seinen verschiedenen Stellungen, bald mit **D**, bald mit **T** geschrieben werden müsste.

3) Wenn die Silbe mit dem Lippenexplosiv auslautet, so unterbleibt die Adspiration, sofern darauf in demselben Aufzuge ein Vokal, oder **D**, **F**, **G** moll, **S**, **Sch**, **G** dur (**K**) folgt. Sonst tritt die Adspiration stets ein. Es scheint zwar, dass beim Aussprechen von z. B. *Ablagern* das **B** unadspirirt bliebe, aber dann ist die Aussprache fehlerhaft, indem das **B** zur nächsten Silbe gezogen wird.

Der physiologische Unterschied der betonten, akcentuirten Silben von unbetonten beruht im Wesentlichen darin, dass bei ersteren innerhalb einer gegebenen Zeit eine grössere Quantität Luft verwendet wird, als bei letzteren. Bei ersteren müssen daher die exspirirenden Muskeln stärker innervirt werden, als bei letzteren, und es betrifft diese stärkere Innervation sowohl die konsonantische, als auch die vokale Artikulation. Deshalb aber gleichartige Konsonanten je nach der stärkern und schwächern Innervation oder Ausdrucke durch verschiedene Schriftzeichen ausdrücken zu wollen, wie es das Sanskrit und diesem nachtretend die meisten spätern Sprachen wenigstens mit den Explosivlauten gethan haben, oder die den letzteren anlautenden Vokale nach dem Grade ihrer Betonung in geschnittene und ungeschnittene zu unterscheiden (Kudelka S. 29), ist überflüssig und selbst zweckwidrig, wie wir bereits früher bei der Theorie dieser Laute gezeigt haben.

In unbetonten Silben wird sehr oft bei der Aussprache derselben der Vokal, besonders das **E**, gleichsam verschluckt oder vielmehr unterdrückt; das **E**, zuweilen auch das **I**, wird hier, wie man zu sagen pflegt, stumm. Den Mechanismus dieses stummen **E** haben wir früher angegeben, s. S. 792. Auf solchen korripirten oder unterdrückten Silben, namentlich wenn sie ein Wort schliessen, z. B. *werd'n, hakk'n, Vokat'n* u. s. w. wird nie gestottert, eben weil hier die volle Vokalisirung unterbleibt. In der gewöhnlichen, raschen, ungenirten Umgangssprache, im Dialoge u. s. w. kann bei den meisten unbetonten Endsilben diese Unterdrückung des **E** fast als Norm angesehen werden (wenigstens für die deutsche Sprache); im feierlichen, oratorischen Vortrage dagegen, besonders in grossen Räumen, wo eine grosse Menschenmenge das Gesprochene verstehen soll, darf diese Manier nur selten angewandt werden.

Wenn eine Silbe mit einem Doppelkonsonanten anlautet, so ist der erste einfache Konsonant entweder ein Explosiv, oder **S**, **F** (**V**, **Ph**), seltener **W** oder **M**. Vrgl. die Tabelle der Doppelkonsonanten. Ist es ein Explosiv, so kommt der Zuhörer oft in den Fall, dass er denselben nicht deutlich vernimmt, wenn der Sprecher sich mit der Pronuncirung der einzelnen Kon-

sonanten keine sonderliche Mühe giebt. Hier zeigt sich recht deutlich der physiologische Unterschied zwischen Deutlichsprechen und Undeutlichsprechen. Kann der Zuhörer dem Sprecher auf den Mund sehen, so versteht er Manches, auch wenn er es nicht vollständig, in allen seinen Elementen, hört. Wenn z. B. der Sprecher das Wort *Bdellium, Dlasko* ausspricht, und zwar so, wie es hier geschrieben steht, so wird es der Hörer, wenn er dem Sprecher auf den Mund sehen kann, oder ihm sehr nahe ist, verstehen; wenn es aber finster ist, oder der Hörer vom Sprecher weit entfernt ist, so wird er nur *Dellium* und *Lasko* vernehmen, auch wenn er bei hinlänglicher Vorbildung, aus dem Zusammenhange der Rede u. s. w. errathen hat, was der Sprecher eigentlich gemeint hat. Deutlich, das heisst, auf eine grössere Distanz vernehmbar, lassen sich diese und ähnliche Doppelkonsonantanlaute nur dann pronunciren, wenn der Anlautexplosiv adspirirt oder durch ein kurzes (nicht ganz stummes) **e** vom andern Konsonanten getrennt wird. Denn das Hörbarwerden der Explosivae beruht ja eben auf der richtigen Isolirung des 2. Moments, der Unterbrechung, Sistirung des exspirativen Luftstroms, welche an sich unhörbar ist. Aus diesem Grunde sollten alle solche Doppelkonsonanten, deren erster ein Explosiv ist, mit dem Zeichen des adspirirten Lautes geschrieben werden, damit jeder gleich von Haus aus daran erinnert werde, wie er dergleichen Silben auszusprechen habe. Anders verhält es sich mit dem **S**, z. B. *Stab, Sprache,* weil hier der Anlautkonsonant an sich hörbar ist. Indessen hat die Mehrzahl der Sprechenden auch hier sehr richtig gefühlt, dass, wenn solche Silben mit dem einfachen Säusellaut gesprochen werden, sie dem Hörer sehr leicht unverständlich bleiben, daher sprechen sie gleichsam instinktmässig *Schtab, Schprache*. Wer dies für unästhetisch hält, mag dafür, wenigstens wenn er laut und auf weite Distanzen vernehmlich zu sprechen hat, **Sh** substituiren, nur komme er nicht mit dem **S**. Denn dies steht seiner Lautbarkeit nach, wenigstens bei den meisten Individuen, in keinem viel besseren Verhältnisse zu dem zweiten Konsonanten, der als unmittelbarer Vorläufer des Vokals ohnehin stärker innervirt wird, als die weichen Formen der Explosivlaute.

Wenn zwei Silben aufeinanderfolgen, von den die erstere mit derselben Explosiva schliesst, mit der die zweite anlautet, so lassen sich beide nur durch eine dazwischengefügte Adspiration oder wenigstens durch eine kurze Aufhebung des 2. Moments trennen, so dass jede für sich dem Ohre unterscheidbar wird. In der Regel geschieht dies aber nicht, sondern das zweite Moment wird nur etwas länger gehalten, um damit anzudeuten, dass diese Explosiva beiden Silben gemeinschaftlich angehört. Geht in der ersten Silbe der Vokal unmittelbar vorher, z. B. *mittheilen, addiren, abbaden,* so hat die Sache für das Gehör keine Schwierigkeit; geht aber erst ein anderer Konsonant vorher, z. B. *und dieser, Altdorf,* so verstummt der erste Explosiv ganz und gar, und nur der zweite, die zweite Silbe anlautende, wird vernehmlich gebildet, vorausgesetzt, dass beide Silben mit einem und demselben Aufzuge der Sprachorgane gebildet werden. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, werden zuweilen besondere Mittel, besonders Einschiebsel, angewandt, damit ohne auffallende Erscheinung beide Explosive zu ihrem Rechten gelangen. Statt *Altdorf* z. B. wird daher *Altendorf* gesetzt, in welchem Falle das **e** mit vollem Rechte ein stummes sein mag (*Alt'ndorf*), s. oben S. 514. — Zwei verschiedene Explosivae dagegen werden durch die bekannten Mechanismen von einander getrennt.

Auf ähnliche Art verhält es sich, wenn eine und dieselbe Continua die eine Silbe schliesst, und die folgende anfängt. Ist dieser Konsonant amphoter, gehört er beiden Silben an, und folgt ihm ein Vokal, so wird jener länger gehalten, und in der Schrift sein Zeichen verdoppelt, z. B. *Affe, alle, essen* u. s. w. Ist aber die Continua eine Strepens und geht ihr ein anderer Konsonant vor oder nach, oder sind beide Silben selbstständige, so muss ebenfalls entweder der als Auslaut, oder der als Anlaut fungirende Konsonant verstummen, wenn nicht besondere Aushülfe geschafft wird. Z. B. *Halsspange* wird durchaus klingen, wie *Hals–pange* oder *Hal–spange*, wenn nicht das zweite **S** wie **Sch** oder **Sh** ausgesprochen wird, was, wie wir schon einmal bemerkt haben, für solche Fälle als gesetzlich angenommen werden muss. Denn wollte man beide **S** lispelnd aussprechen und das Auslaut-**S** vom Anlaut-**S** trennen, so würde der zum Wesen des Worts gehörige Aufzug der Sprachorgane unterbrochen, aus einem Worte also zwei gemacht werden. Ebenso verhält es sich mit z. B. *Lauf–feuer*. Hier ist ebenfalls zum Verständniss unumgänglich nöthig, dass beide **f** deutlich vom Zuhörer distinguirt werden können, ohne dass die Einheit des Worts verloren geht. Dies geschieht hier, so wie in allen ähnlichen Fällen, wenn es irgend statthaft ist, durch ein dazwischen geschobenes **s**, also *Laufsfeuer*. Dieses **s** ist hier nothwendig; in Fällen dagegen, wo zwei verschiedene Konsonanten zusammenkommen, nicht; z. B. *Hülfleistung*. Hier wäre es unrecht, *Hülfsleistung* zu sprechen, da eine andere Regel von unbedingter Gültigkeit befiehlt, die Konsonanten nicht ohne Noth zu häufen.

Ist in dergleichen Fällen der Konsonant eine Semivocalis, so sind Einschiebsel dieser Art nicht nöthig, da ein solcher Konsonant sehr leicht so lange gehalten und markirt werden kann, dass der Zuhörer ihn sowohl zum Auslaut, als auch zum Anlaut beziehen kann. Z. B. *Schnellläufer, Armmünze*. Indessen wird doch im Allgemeinen die Bildung solcher Worte vermieden, oder wo sich dies nicht umgehen lässt, durch Einschiebsel von **s** oder **'n** nachgeholfen.

Wenn ein mit **s** auslautendes Eigenwort (Substantivum) in den deutschen Genitiv ohne Artikel gesetzt werden soll, welcher hier durch Anhängung von **s** zu Stande kommt, z. B. *Horaz, Markus, Pölitz* u. s. w., so geht dies in der Schrift wohl an, indem man, wie es die Neuern vielfach thun, entweder ein wirkliches **s** aufügt, und beide **s** durch ein Häkchen trennt, oder nur das Häkchen setzt, als Andeutung des Genitivs. Damit kann sich aber die lebendige Rede nicht begnügen oder befreunden, hier muss etwas Hörbares eintreten, was das **s** des Genitivs zu seinem Rechte verhilft, und, so schlecht es auch oft klingen oder auf dem Papier sich ausnehmen mag, es bleibt doch nichts übrig, als die Einschiebung eines **'n**, nicht eines vollen **en**, das wir also nicht schreiben wollen. Also *Markus'ns, Pölitz'ns, Horaz'ns*. Ein kurzes, aber betontes **e** wäre jedoch in den meisten solcher Fälle eben so gut. Ist es ein altgriechischer oder römischer vollauszusprechender Name, z. B. *Horatius*, so ist man darüber eingekommen, gar nichts als Zeichen des Genitivs anzuhängen, obgleich bei diesem Verfahren genug Irrungen und Unverständlichkeiten vorkommen müssen. Besser ist hier, wenigstens in der Prosa, man bediene sich des vorgesetzten Artikels, z. B. *des Horatius Gedichte*.

Es wird jetzt Zeit, dass wir, nachdem wir vom Mechanismus der Silbenbildung oder von der Silbentechnik im Allgemeinen gesprochen haben, dar-

über uns umständlicher verbreiten, welche Kombinationen von Vokalen mit Konsonanten physiologisch überhaupt möglich oder sprachlich statthaft, und welche unmöglich oder unstatthaft sind. Wir haben zwar in unsern bisherigen Forschungen hier und da von der Verwandtschaft der Vokale zu den Konsonanten gesprochen, und manche Exclusionsfälle bereits kennen gelernt, indessen ist es doch nöthig, dass wir diesen wichtigen Punkt jetzt, wo wir von der Physiologie der Silben speciell zu sprechen haben, auf eine etwas präcisere Weise zur Erledigung bringen, wobei Alles, was etwa früher von uns vernachlässigt sein sollte, nachgeholt werden, und zugleich in einen bequemeren Ueberblick gebracht werden soll. Es werden diese Untersuchungen uns zugleich festere Haltpunkte für die Theorie der Quantität und Lautbarkeit der Silben an die Hand geben Wir beginnen hier mit folgenden Erfahrungssätzen.

Jeder Vokal und Diphthong 1., 2. und 3. Ranges kann den Anlaut zu einer Silbe bilden. Darüber kann wohl kein Zweifel herrschen. Auch die jambischen Diphthongen mehrerer romanischen u. a. Sprachen können unbedenklich als Silbenanlaute dienen. Aber nicht von allen Konsonanten kann dasselbe behauptet werden. Wenigstens fällt es dem Sprachorgan schwer, mit **Ch** oder **Ng** eine Silbe anzulauten, und es ist mir auch, wenigstens was die lebenden Sprachen anlangt, kaum ein Beispiel bekannt, wo dies wirklich geschehen wäre. Vergleiche die hierher gehörigen Kapitel.

Was die Kombination der Vokale mit Konsonanten zu Silben anlangt, so findet dieselbe in allen Fällen statt, wo ausreichende Verwandtschaft zwischen beiden Klassen von Sprachlauten vorhanden ist. Nicht jeder Vokal ist jedem Konsonanten in dem zu sprachlichem Zwecke erforderlichen Grade verwandt. Wir haben bisher folgende Beispiele von einem solchen Verwandtschaftsmangel kennen gelernt: *Äch, ech, ich, öch, üch, aich, aüch, sich; Aj, uj, auj, ouj; Aing, aung aüng* etc.; *ér* (palat.), *air, aur, aür* etc.; alle Kombinationen von **Ch** und **Ng** mit nachlautendem Vokale; alle Kombinationen von Vokalen mit nachlautendem **W.** — Alle übrigen Verbindungen von Vokalen mit Konsonanten und umgekehrt sind zu sprachlichem Zwecke statthaft und mehr oder weniger bequem ausführbar. Es fragt sich nun, auf welchen physiologischen Gründen beruhen die Verwandtschaftsgrade zwischen Vokal und Konsonant.

So wie die Verwandtschaft der Konsonanten untereinander auf der Aehnlichkeit der sprachorganischen Bewegungen, ebenso steht auch die Verwandtschaft zwischen Vokalen und Konsonanten mit der Leichtigkeit oder Bequemlichkeit, mit welcher der eine artikulatorische Mechanismus in den andern übergeführt werden kann, in geradem Verhältnisse. Jeder Silbenmechanismus in seiner Ausführung, also jede Silbenartikulation, ist eine Bewegung der Sprachorgane von einem Orte zum andern, die um so leichter auszuführen sein wird, je gerader der Weg ist, den die Organe hierbei zu nehmen haben. Die meisten Artikulationen sind Bruchstücke grösserer Bahnen, zurückgelegt von den Organen von einem gewissen Grenzpunkte zum andern, gleichsam Stationen auf dieser Reise, deren Endpunkte jedoch das Organ entgegenstrebt, um daselbst zur Ruhe zu kommen. So ist z. B. die Silbe *ij* durch sehr nahe Verwandtschaft entstanden, da der **I**-Mechanismus dem des **G** moll-Mechanismus näher liegt, als irgend einem andern. Soll dagegen die Silbe *ich* pronuncirt werden, so wird die Zunge auf einen ganz andern Weg geworfen, als den sie auf ihrer anfänglichen Lage beabsichtigte,

und zwar auf eine Station des neuen Weges, auf welcher, von dieser Seite her angelangt, das Verweilen sehr schwierig fällt. Die Silbe *Ik* dagegen ist deshalb leicht zu erzeugen, weil hier die Zunge gegen ein festes Organ hinbewegt wird, von welchem aus sie durch einfache Reperkussion zur Ruhe gelangt. Ebenso ist auch die Silbe *Ach* oder *Och* leicht erzeugbar, weil bei der **A**- und **O**-Artikulation die Zunge tief und hinten liegt, und behufs der **ch**-Artikulation nur einigermaassen gehoben zu werden braucht, in einer Richtung, welche den Muskeln nicht schwer fällt. Auf ähnliche Art, wie mit *Ech, ich, äch* u. s. w., verhält es sich mit **ng** und noch mehr mit **r**, besonders dem palatinum, wenn Diphthonge vorausgehen. Hier findet das Eigenthümliche statt, dass, während vom einfachen Vokal aus die konsonantische Artikulation ohne Beschwerde zu bewirken ist, von demselben Vokale aus, sobald er einen Diphthong auslautet, der Konsonant durchaus nicht (ohne ausserordentliche Mittel) gebildet werden kann. Wir haben gesehen, dass Silben, wie *Feur*, *Maur*, *Bair* nicht möglich sind, sondern immer durch ein zwischen dem 2. Vokal und und das **r** gefügtes stummes **e** in zwei Silben übergehen. Dies kommt davon her, weil — es ist ein neues Gesetz, was bei der Silbenmechanik seine Rolle spielt — zwei auf verschiedenen Bahnen liegende Artikulationen Eine Silbe nicht auslauten können, wohl aber eine Silbe in mehr als einen Sprachlaut auslauten kann, sofern nur letztere auf gemeinschaftlicher Bahn liegen. Demnach ist die 7buchstabige Silbe *shpragst*, oder die 5lautige *ailst* ohne Schwierigkeit in einem und demselben Aufzuge erzeugbar, *air* dagegen obgleich es nur 3 Sprachlaute besitzt, nicht, weil der mechanische Unterschied oder Abstand von **I** zu **R** pal. zu gross ist, als dass noch der **R**-Mechanismus dem des **I** dann so angefügt werden könnte, dass dieselbe Silbe bleibt, wenn das **I** schon als Auslaut fungirt hat. Dagegen ist *Eis, Eid* u. dergl. leicht erzeugbar, weil von **I** zu **S** und **D** nur ein sehr kurzer leichter Schritt ist. Bei *Air* muss die Zunge, nachdem sie von der **A**-Lage sich von unten und hinten nach oben und vorn bewegt hat, und nun am liebsten in derselben Richtung noch weiter möchte, wieder rückwärts, nach dem weichen Gaumen hin, bewegt werden, und dabei einen Weg nehmen, auf welchem, weil die Stimmbänder behufs des zu bildenden Sprachlauts forttönen müssen, die Organe vorerst in eine Lage kommen müssen, welche dem **E** entspricht, auf welcher demnach auch wenigstens einigermaassen **E** gehört werden muss, bevor es zum **R**-Laute kommen kann; bei *Ais* dagegen wird die Zunge aus der **I**-Lage nicht in eine von der begonnenen abweichende Bahn geworfen, sondern schreitet ganz gewöhnlich, und ohne dass unterwegs ein störendes, phonisches Intermezzo zu befürchten ist, zur **S**-Lage fort, auf welcher das entsprechende Geräusch sofort sich bildet, und dem **I**-Tone, der bis dahin nicht unterbrochen zu werden brauchte, unmittelbar sich anfügt. Wenn ein bei weiter Mundhöhle gebildeter Vokal, besonders **U** und **A**, nach einem mit hochliegender Zunge zu bildenden Konsonanten, **L**, **R** ling., **T** u. a. überlauten soll, so kommt die Zunge vorübergehend in die **E**- oder **I**-Lage, und da, während dies geschieht, der Kehlkopf forttönt, so wird leicht zwischen Vokal und Konsonant noch ein sogenanntes stummes **e** oder **i** gehört. Manche Volksstämme geniren sich hier gar nicht, sondern lassen (indem sie wohl die Zunge etwas langsam bewegen) diesen Zwischenvokal völlig vernehmlich ertönen, und pflegen ihn auch in ihrer Schrift nicht zu übergehen. So die Allemannen u. a. Dialekte: *guet*, *Schmuel* etc. S. übrigens S. 808.

Nach diesen Vorbemerkungen werden wir endlich im Stande sein, einen vollständigen Begriff von dem, was wir eine Silbe nennen, uns zu bilden. Eine Silbe ist nämlich ein einfacher Vokal- oder Diphthonglaut, mit oder ohne einem oder mehrern vor- oder nachlautenden Konsonantgeräuschen, welche aber so beschaffen sein müssen, dass sie auf der Bahn oder dem Wege, welchen einestheils das Sprachorgan von einem Indifferenzpunkte aus nach der respektiven Vokalstellung hin, und anderntheils von dieser aus zum andern Indifferenzpunkte hin zu nehmen hat, ohne Schwierigkeit gebildet werden können. Jeder Komplex von Sprachlauten, welche mit einem und demselben Vokale zusammen ausgesprochen werden können, ohne dass ein zweiter Vokal dabei gehört zu werden braucht, bildet daher nur eine Silbe. Die Bewegung des Sprachorgans von einem zum andern Indifferenz- oder Grenzpunkte durch eine gewisse Vokalstellung hindurch wollen wir die Silbenbahn nennen; und als die beiden Indifferenzpunkte einer Silbe bezeichnen wir: 1) die Lage der Sprachorgane zu Anfange oder vor der Bildung des ersten Silbenlautes, 2) die Lage der Organe nach Vollendung des letzten Silbenlautes, oder, wo die Silbe in einen Vokal auslautet, die Lage, welche die Sprachorgane zur Bildung des ersten Lautes der nächsten Silbe annehmen; oder, wo es eine Schlusssilbe ist, die gewöhnliche Ruhelage des Sprachorgans. Vergl. hier noch über den Begriff Silbe Rapp a. a. O. S. 154—162. und Kudelka S. 31.

Wesentlichste Eigenschaften der Silben.

Wir haben hier zu unterscheiden:

1. Die natürliche Quantität der Silben oder deren Unterschied in lange und kurze;
2. den zeitlichen Werth, die natürliche Zeitdauer derselben;
3. den prosodischen oder metrodynamischen Werth;
4. den Akcent oder den phonodynamischen Werth;
5. den Rhythmus oder den numerischen Werth;
6. den musikalen Werth, oder die Schwingungszahl der Silben.

Im Allgemeinen haben wir über die Eigenschaften der Silben zu bemerken, und nehmen in dieser Hinsicht an, dass die natürliche Quantität der Silben nicht mit der natürlichen Zeitdauer, auch nicht mit der prosodischen Quantität und ebenso wenig mit dem Akcent zu verwechseln ist. Die natürliche Quantität einer Silbe bezeichnet nur den zeitlichen Werth ihres Vokales, die Dauer desselben im Vergleich mit einer andern Silbe. Die natürliche Zeitdauer misst die Zeit, welche die Sprachorgane nothwendig brauchen, um eine gewisse Silbe überhaupt zu erzeugen. Die prosodische Quantität einer Silbe bezeichnet den metrodynamischen Werth, d. h. die Geltung der Silben nach ihrer Schwere oder Leichtigkeit, mit der sie sich in einer geordneten Reihe über die andern Silben hebt, oder unter die andern senkt. Der Akcent drückt einer Silbe ihren phonodynamimischen Werth auf, d. h. eine akcentuirte oder betonte Silbe konsumirt mehr Aufwand von Seiten der exspirirenden, tonbildenden und artikulirenden Organe, als eine nicht akcentuirte. In den neuern Sprachen fällt der Akcent so ziemlich mit der prosodischen Geltung der Silben zusammen, in den alten klassischen Sprachen nicht. Der Rhythmus theilt eine längere Silbenreihe in kleinere gleich lange und sonst auch einander wenigstens ähnlich

konstruirte Gruppen. Der musikale Werth oder die Schwingungszahl der Silben gehört auch zum Theil zu dem, was bisher Akcent genannt wurde.

a. Natürliche Quantität.

Was nun zuerst die natürliche Quantität und den zeitlichen Werth der Silben anlangt, so könnte es auf den ersten Blick scheinen, als ob eine Erörterung dieses Punktes gar nicht vor das Forum der Physiologie gehöre, indem die Bestimmung der Quantität und Qualität einer Silbe etwas so ganz Willkührliches, Konventionelles sei, dass die Natur dabei gar nicht zur Sprache kommen könne noch dürfe. Eine genauere Betrachtung der Sache belehrt uns jedoch eines Andern. In vielen Fällen wird die Quantität einer Silbe von Naturgesetzen bestimmt, welche für alle Sprachen ihre Gültigkeit haben. Es ist gewiss von hoher Wichtigkeit, diese Gesetze, so wie die Fälle, wo sie gelten, ausfindig zu machen, da sich begreiflicher Weise erst durch deren Erkentniss manche Zweifel und Irrthümer hinsichtlich der Quantität vieler Silben alter wie neuer Sprachen lösen lassen können. Die Physiologie vermisst sich zwar durchaus nicht, die Sprachen oder die sprechenden Völker in ihrer Denk- und Sprechfreiheit im geringsten zu beschränken, sondern sie kann hier nur die Aufgabe haben, zu bestimmen, in welchen Fällen die Quantität der Silbe durch die natürliche Beschaffenheit der verwendeten Artikulationsmechanismen, zunächst der Verbindung des Vokals mit dem Konsonanten, bestimmt wird, in welchen Fällen also der zeitliche Werth nicht von der Willkühr, sondern von der Naturnothwendigkeit abhängig gemacht ist. Dass dergleichen in der Kombination der Sprachlaute vorkommt, davon sind uns bereits einige Beispiele vorgekommen.

Eine Silbe heisst nach unsern Begriffen lang, wenn zur Bildung des Vokales derselben die Organe nicht von einem Indifferenz- oder Ausgangspunkte zum andern in unverweilender, rascher Bewegung übergeführt werden, sondern dieselben auf der Höhe dieser Bewegung ebenso eine Zeitlang verweilen, wie die Consonantes continuae. In der Silbe *Rad, lag, See* z. B. bleiben die Sprachorgane, nachdem sie in die zur **A**- oder **E**-Bildung erforderliche Lage gekommen sind, eine Zeit lang liegen, bevor sie sich zu der für **D**, **G** oder die absolute Indifferenz gehörigen Lage anschicken. Kurz ist dagegen eine Silbe, wenn der Uebergang von dem einen Ausgangspunkte zum andern unverweilt, in einem Zuge vor sich geht, wenn die Organe auf der vokalischen Lage nicht stehen bleiben, nicht festgehalten werden, sondern nur rasch, ja, so rasch sie gerade können, durch diese Lage hindurch gehen. Will man eine lange Silbe durch eine Zeichnung versinnlichen, so würde diese etwa wie Fig. 188 *A* aussehen; für eine kurze Silbe dagegen wie Fig. 188 *B*. Bei der langen Silbe drückt die gerade Linie *B C* das Verweilen auf der vokalischen Lage der Organe aus, bei der kurzen dagegen gehen die Organe von *a* in die vokalische Lage *B*, die sie jedoch augenblicklich verlassen, um zu *d*, der neuen Stellung der Organe (Indifferenz- oder Ausgangspunkt für die neue Artikulation) überzugehen. Eine lange Silbe lässt sich beliebig (z. B. in der Musik) in die Länge ziehen, sie ist producibel, eine kurze nicht.



Fig. 188 *A.*



Fig. 188 *B.*

Folgende Gesetze habe ich bei meinen Nachforschungen bis jetzt über die natürliche Silbenquantität ausfindig gemacht.

1) Die natürliche Quantität einer Silbe hängt lediglich von der Natur des Vokals und (wo er vorhanden) des konsonantischen Auslauts ab; der anlautende Konsonant, wo er vorhanden, trägt zu dieser Bestimmung durchaus nichts bei. Das Quantitirende einer Silbe ist zunächst der Vokal derselben; ist dieser lang, so ist die ganze Silbe lang, und umgekehrt. Dieser Satz bedarf wohl keines Beweises.

2) Besteht eine Silbe aus einem einfachen oder doppelten Vokale, mit oder ohne Anlautkonsonanten, so kommt es darauf an, ob diese Silbe ein Wort für sich bildet, oder nur einen Theil eines Wortes. Im ersteren Falle ist dieselbe in der Regel (die Ausnahmen s. w. u.) lang: kurz ist sie nur dann, wenn das Wort für sich noch keinen Begriff bildet, sondern nur ein Mittel oder Hülfsorgan dazu abgiebt, z. B. die Artikelworte, die pronominellen Vorsatzworte, die Flexionsworte: *the, a, to* (engl.), *le, la, lo, i, e, di**), *de, à, ne, se, me, re, te, ve, che* (franz., ital., span.) etc. Auch einige exklamatorische Wörtchen werden kurz, sobald sie mehrmals wiederholt werden, und erst die letzte Wiederholung wieder lang, z. B. *Jă jă jā, eĭ eĭ eī, hă hă hā* u. s. w. Dergleichen Multiplikationen sind hier als Kontraktionen in Ein Wort zu betrachten, übrigens erinnern sie an die Anakrusis, s. Hermanni epit. doctrinae metricae §. 16. — Dieses Gesetz wird geboten von der Nothwendigkeit, ein einsilbiges Wort, bei welchem die Sprachorgane geöffnet bleiben, etwas länger lauten zu lassen, als andere kurze Silben, und einsilbige, mit Konsonanten auslautende Wörter, damit es einen hinlänglichen Eindruck aufs Gehörorgan mache und vom Fassungsvermögen nicht verfehlt werde. Von jenen kurz zu pronuncirenden Wörtchen ist noch zu bemerken, dass die mit *o* und *i* auslautenden, auch *e* (= und) nicht so kurz abgefertigt werden dürfen, wie andere mit *e* oder *a* endigende, sondern etwas länger, aber doch nicht so lang dauern, als einsilbige Substantiva, Adjektiva und Zeitwörter. In der Vokalmusik dürfen sie nicht über eine Sekunde gehalten werden, wenn sie (die Musik) nicht ins Lächerliche fallen soll.

3) Wenn dagegen ein einsilbiges Wort mit einem oder mehreren Konsonanten auslautet, so können folgende Fälle stattfinden:

a. Die Silbe *er* ist stets lang. S. oben unter dem Mechanismus des **E** und **R**.

b. Alle mit weichen Explosivae endenden Silben oder einsilbigen Wörter sind lang, z. B. *läg, mäg, räd, stäb*; dagegen sind die mit harten (adspirirten) Explosivae endenden Silben von Natur kurz, z. B. *räk, lčk, ăt, ĕt, ăp* (geschrieben *ab*, falsch). Es ist überflüssig, hier das Zeichen der Explosivae zu verdoppeln. Soll eine solche Silbe producirt werden, so muss der Explosivlaut ebenfalls producirt werden, also in *kh* (*ch*), *th, ph* übergehen. Der natürliche Grund dieser Erscheinung liegt in der natürlichen Beschaffenheit der erwähnten Laute.

c. Kurz sind ferner von Natur Silben oder einsilbige Wörter, die sich mit ṅ oder mit 2 Semivocales endigen, oder deren Auslaut aus einem Semivocalis (**R** zuweilen ausgenommen) mit nachfolgendem **s**, **sch**, **z** oder **dsch** besteht, z. B. *Eng, Lang, Elm, Halm, Arm, Karl, Erl, Hals, Falsch, Falz, Tallsch.* Der Grund davon ist, dass die auslautenden Artikulationen

*) Der deutsche weibliche Artikel *die* ist dagegen halblang (doch in mässigem Grade producibel), das Pronomen *die* ganz lang.

hier nicht anders mit der gehörigen Präcision kombinirt werden können, als wenn der vorausgehende Vokal kurz (scharf) genommen wird. Ebenfalls fühlt sich das Sprachorgen mehr zur Kürze, als zur Länge disponirt bei allen mit **st**, **kt**, **lt**, **ft**, **nt**, **rt**, **rf**, **rs**, **nk**, **ps**, **pt** und andern mit 2 oder mehrern Konsonanten auslautenden Silben. Nur bei aus sich sehr verwandten Konsonanten zusammengesetzten Auslauten kann die Silbe, besonders durch ein vorausgehendes **a**, producirt werden, ohne dass Gefahr einer Resolution in 2 Silben einträte. Beispiele dafür: *Quārz*, *Ārzt*, *Ōbst*. Nicht minder sind Silben, die in einen in der Tabelle S. 888 mit _3_ oder (—) bezeichneten Doppelkonsonanten auslauten, in der Regel lang, widrigenfalls sie in 2 Silben umschlagen, z. B. *Tīll*, *Āgl*, *Īschl*. Wird einer an sich kurzen, mit Doppelkonsonanten endenden Silbe noch ein **l** angefügt, so erleidet der zeitliche Werth derselben dadurch keine Veränderung, z. B. *Hyrtl*, *Fi–ĕstl*. Indessen sind alles dies von Natur keine rein einsilbigen Wörter mehr; stets ist ein stummes **E** zwischen beiden Endkonsonanten einzuschieben, und daher hat diese Regel nur einen sehr bedingten Werth.

d. Bei manchen einsilbigen Wörtern bestimmt der Akcent oder die Stellung (Position) die Quantität, z. B. bei den Präpositionen *an*, *zu*, *to* (deutsch und englisch), welche vor Substantiven kurz, vor Zeitwörtern dagegen lang gebraucht werden, z. B. *ăn dich* und *ān–spannen*. Doch ist dies gerade keine Naturnothwendigkeit.

e. In vielen Silben, die sich mit 2 Konsonanten endigen, daher von Natur kurz sind, finden wir aus praktisch-etymologischen Gründen den ersten Konsonanten verdoppelt, z B. *irrt*, *schafft*, *fällt*, weil diese Worte von *irren*, *schaffen*, *fallen* herstammen. Von Natur ist aber diese Verdoppelung überflüssig, und es besteht nicht der geringste phonische Unterschied zwischen *schafft* und *Schaft* (der Pflanzen), zwischen *lallt* und *kalt* u. s. w. — Wünschenswerth wäre es freilich, wenn in der Schrift immer angezeigt würde, dass von dieser Regel abgewichen, und eine solche mit Doppelkonsonant endigende Silbe producirt werden soll, z. B. *spielt*, *führt*, *bahnt*, *ruh'st* u. s. w. Freilich geht dies aus grammatischen Gründen nicht immer an, wie in *lēbst*, *rēgst*, *spürst*. Man halte jedoch hier als praktische Regel fest, dass ein einsilbiges Wort, das durch Flexion oder Konjugation aus einem zweisilbigen entstanden ist, dieselbe Quantität behält, welche die erste Silbe des Stammworts besitzt.

4) Silben mit wahren Diphthongen (1. und 2. Ordnung) sind stets mittelzeitig, d. h. nicht völlig kurz, aber auch nicht producibel, wofern nicht das Wesen des Diphthongen verloren gehen soll. Vergl. S. 829.

5) Zwei- und mehrsilbige Wörter. — Alle mit einem einfachen Vokale auslautenden, betonten Silben, auf die eine oder zwei kurze und unbetonte Silben folgen, sind lang. Diese Regel ist ohne Ausnahme, und ist die allgemeinste und wichtigste in der ganzen Sprachlehre. Es lässt sich nämlich kein offenbleibender Vokalmechanismus betonen, ohne eine gewisse Zeit dazu zu verwenden. Beispiele *Ā–ber*, *Ā–der*, *Ī–gel*, ᾱ-ριστος, ταχυ-τατος, *amā–re*, *schö–ner*, *nuō–va*, *soldā–dos*, *vedrā–i*. — Sobald man eine solche Silbe kurz ausspricht, wird der nachfolgende Konsonant mit in die betreffende Silbe herübergezogen, also verdoppelt, z. B. *Ag–ger* (richtiger *Ach–cher*), *Nat–ter*, ἄρ-ρειν u. s. w. Kudelka hat auf Grund dieser Erscheinung ohne Noth einen Unterschied im Mechanismus des betreffenden

Vokals machen zu müssen geglaubt, s. a. a. O. S. 27 ff. Folgt dagegen ein Vokal in der nächsten Silbe, so wird dieser mit herüber gezogen, verschmilzt mit dem Vokale der ersten Silbe zum Diphthong oder Mischlaut, und aus den beiden Silben wird Eine, z. B. *vedrai* st. *vedrā–i*, *ära* st. *ā–ĕra*.

6) Dieses eben erwähnte Gesetz kann natürlich ohne das folgende nicht bestehen, welches also lautet: die einer in No. 2. erwähnten langen Silbe nachfolgende Silbe ist stets (wenn sie nicht aus andern, gewichtigern Gründen lang sein muss) kurz, oder, wo sie einen Diphthongen enthält, mittelzeitig, z. B. *Lö–bau*.

7) Kurz sind ferner alle Silben, die ein sogenanntes stummes **E** oder doch ein **E** enthalten, was sich stumm intoniren lässt, z. B. *gĕfallĕn*, *bĕwahrĕ*, *pĕtitĕ*.

8) Die sogen. Position, welche in prosodischer Hinsicht in manchen Sprachen Länge bedingt, ist durchaus etwas Konventionelles, und gehört der natürlichen Quantität der Silben nicht an. Der einzige Fall, wo etwas einer Position Aehnliches von Natur eine (nicht Länge, sondern) Kürze bedingt, ist der S. 830 angeführte: Vocalis ante vocalem brevis. Aber auch diese Regel erleidet viel Ausnahmen.

b) Zeitdauer langer und kurzer Silben.

Dies wären etwa die Fälle, in welchen die Quantität der Silben nicht von willkührlicher Konvention, sondern von der Natur selbst bestimmt wird. Was nun die Zeitdauer langer und kurzer Silben, also den zeitlichen Unterschied derselben anlangt, so lässt sich hierüber etwa Folgendes als Regel aufstellen. Während der Umstand, ob eine Silbe überhaupt lang oder kurz ist, lediglich vom Zeitwerthe des Vokales der Silbe bestimmt wird, so muss, um die Frage nach dem zeitlichen Werthe einer Silbe zu beantworten, ausser der Dauer des Vokales auch die des oder der etwaigen Konsonanten in Anschlag gebracht werden. Denn nicht jede lange oder kurze Silbe ist in dieser Hinsicht der andern gleich, manche Silbe, deren Vokal nicht producibel ist, dauert wenigstens noch einmal so lang, als andere kurze Silben, ja manche kurze Silbe (z. B. *schimpfst*) erfordert mehr Zeit zur deutlichen Pronuncirung, als manche lange, wenn diese nicht absichtlich länger, als zum Verständniss nöthig ist, producirt wird. Jeder Sprachlaut einer Silbe hat seinen Zeitwerth. In langen komponirten Silben vertheilt sich der totale Zeitwerth so, dass der grössere Theil desselben auf den Vokal, der geringere auf den oder die Konsonanten fällt; in kurzen Silben dagegen tritt sehr gewöhnlich der Fall ein, dass der grössere Theil des zeitlichen Werthes derselben auf den oder die Konsonanten fällt. Hier macht natürlich die verschiedene Beschaffenheit der Konsonanten einen Unterschied. Die producibeln Konsonanten, **Ch**, **R**, **N**, **Ng**, **G** moll, **L**, **S**, **F**, **W**, **M** u. s. w. dauern längere Zeit, als die Explosivlaute. Will man im gemessenen, pathetischen Vortrage, oder im Gesange eine kurze Silbe, in der ein oder zwei Consonantes continuae vorkommen, markiren oder länger halten, so muss dies allemal mit Hülfe des oder der Konsonanten, nicht des Vokales geschehen. Eine kurze Silbe dagegen, die keinen solchen producibeln Konsonanten enthält, lässt sich aus diesem Grunde auch unter keinem Vorwande länger aushalten, als ihre natürliche Konstruktion gebietet. Am längsten müssen verhältnissmässig solche Silben dauern, welche

ausser dem langen Vokal noch mehrere producibele Konsonanten besitzen; am kürzesten natürlich Silben, die bloss aus einem kurzen Vokale ohne Konsonanten bestehen. Wir wollen jetzt einige der unzähligen temporellen Möglichkeiten der verschiedenen Silben durch Beispiele zu erläutern und dann einige Gesetze daraus zu ziehen suchen.

1) Kürzeste Silben; ἔ-γελασε, Ŏ-*asĕ*, ă-*basso*, Ă-*talĭe*, Ĭ-*ason*, *Iloh*-ĕ u. s. w.

2) Weniger kurz, fast mittelzeitig, wie etwa die Diphthongen, sind unbetonte, aus dem reinen **A** oder **O** bestehende Endsilben, z. B. *Lē*-ă, *rī*-ŏ.

3) Sehr kurz sind ferner zweilautige Silben mit Explosiv- und kurzem **E**, z. B. *pĕ-ti-tĕ*, *bĕ-wah-rĕ*, und dergleichen Endsilben, wo das **E** fast ganz verstummt, *Lĕ-andĕr*, *Abĕl*, *Titĕl*, *lebĕn*. Dass hier Consonantes liquidae, die nach unsern frühern Angaben (S. 916) länger dauern, als die Explosivae, vorkommen, thut der Verkürzung der Silben durchaus keinen Eintrag, zumal da ohne eine solche Liquida die Verstummung des kurzen **E** gar nicht zu ermöglichen wäre.

4) Etwas länger dagegen ist eine zweilautige Silbe mit kurzem **E** (richtiger kurzem **Ä**, s. oben S. 794) zwischen einem Diphthongen und **R**, bei welcher Stellung es eben gar nicht elidirt werden kann, weil es erst nothgedrungen eingeschoben werden musste, z. B. *Feu-er*, *Mau-er*, *Lei-er*.

5) Etwa eben so lange dauert eine zweilautige Silbe, aus einem kurzen Vokal und Explosiv bestehend, und zwar eine mit **i**, **e** und **ü** anlautende etwas kürzer, als eine mit **a**, **o**, **ö**, **ä**, **u** anlautende, z. B. *it*, *at*, *Ilit-paël*, *At-mosphäre*, *Ak-kolade*, *Ap-pell*, *ante-it*, *co-it*, *Lu-at* etc. Es ist hier temporell ganz gleich, ob eine solche Silbe den Ton hat, oder nicht, wenn nur der Vokal kurz pronuncirt wird. Steht der Konsonant vorn, so wird die Silbe in der Regel noch etwas kürzer, insofern das erste Moment des Explosivs hier wenigstens für das Gehör wegfällt.

6) Zweilautige Silben, aus kurzem Vokal und einer Continua oder Liquida bestehend, dauern etwas länger, als letztere, und zwar nach Maassgabe des specifischen Zeitwerthes sowohl des Vokales als des Konsonanten. Also wird die Silbe *üch*, *ür*, *an* länger dauern, als *il*, *in*, *em* und zwar deshalb, weil sowohl die in der hintern Abtheilung des Ansatzrohrs gebildeten Continuae, als auch die bei niedriger Zungenlage gebildeten Vokale aus natürlichen Gründen länger dauern, als die vorn gebildeten Konsonanten und die Vokale **e** und **i**. Steht der Vokal hinten, der Konsonant vorn, so findet, wie mir wenigstens scheint, kein merklicher zeitlicher Unterschied statt. Indessen macht doch die Uvula bei einem nachlautenden **R** (auch wenn der Vokal lang ist) in der Regel mehr Vibrationen, als wenn das **R** anlautet. Desgleichen dauert auch das nachlautende **M**, **N**, **L** länger, als das anlautende. Eine Silbe, wie *Dăn*, *Găr*, *Căr* (französisch) dauert also länger, als *Năd*, *Răg*, was man am besten wahrnimmt, wenn man eine solche Silbe abwechselnd mit ihrem Gegenfüssler mehrmals hintereinander ausspricht. Dass übrigens alle Konsonanten, die eine Silbe mit kurzem Vokale auslauten, länger währen, als wenn sie anlauten oder einem langen Vokale nachfolgen, haben wir bereits früher bemerkt.

7) Drei- und mehrlautige kurze Silben dauern je nach Maassgabe der Zahl und des zeitlichen Werthes der einzelnen Sprachlaute ihre gewisse Zeit. Die Silben *Klăng*, *Prăcht*, *Străff*, *Grŭft*, *streckst*, *sprengst* u. s. w.

dauern, trotz ihres kurzen Vokales, in gewöhnlicher Rede doch mindestens eben so lange, als die langen Silben in a–*ber, ba–den* in gewöhnlicher Rede gehalten werden. Dennoch müssen wir sie in quantitativer Hinsicht den Silben mit langem Vokale nachstellen, weil sie keine Verlängerung gestatten, während letztere sich nach Bedürfniss und Willkühr länger ziehen lassen.

8) Was die von Natur langen Silben anlangt, so lassen sich hier nur Regeln oder vielmehr Messungen über ihre möglichst kurze Zeitdauer aufstellen, indem wir nicht darauf Rücksicht nehmen können, wie lang sich eine solche Silbe nach Belieben ausziehen lässt, weil dies eben eine nicht von der Naturnothwendigkeit, sondern von der Willkühr abhängige Sache ist. Allerdings lässt sich für lange Silben noch weniger, als für kurze, ein absolutes Zeitmaass bestimmen, da es vom Sprecher oder Sänger abhängt, ob er überhaupt viel oder wenig Silben in einer gewissen Zeit produciren will; das von Natur Nothwendige oder Gesetzliche bezieht sich hier nur auf den Unterschied zwischen langen und kurzen Silben bei sonst gleichen Verhältnissen. Jedenfalls verweile ich, auch beim schnellsten Sprechen oder Singen, länger auf der ersten, als auf der zweiten Silbe, wenn ich das Wort *aber, Vater, Leben* u. s. w. pronuncire, und ich glaube nicht zu irren, wenn ich diesen Unterschied durch 2 : 1 bezeichne, oder behaupte, dass eine lange Silbe caeteris paribus mindestens zweimal so lange dauern muss, als eine kurze, wenn überhaupt hier ein Unterschied gemacht werden soll. Dies gilt zunächst von den in den betreffenden Silben enthaltenen, den Zeitwerth zunächst bestimmenden Vokalen. Zur genauern vergleichenden Zeitwerthbestimmung ist nun aber noch erforderlich, dass wir den Zeitwerth der vorhandenen Konsonanten, der im Allgemeinen weniger in die Willkühr des (schnell oder langsam pronuncirenden) Sprechers gestellt ist, zum Zeitwerth des Vokals addiren. Es ist eine für manche Zwecke, namentlich für den Gesang, nicht überflüssige Aufgabe, zu untersuchen, wie viel Zeit eine gewisse, von Natur lange, Silbe erfordert, um vom Ohre noch deutlich verstanden zu werden. Als die beiden Extreme glaube ich hier aufstellen zu können: den einfachen Vokal, als Silbe, und das Wort *sprachst*, welches wohl zu den längst dauernden Silben gehört, welche existiren. Wenn ich diese Silbe mehrmals hintereinander, so schnell ich kann, aber noch verständlich, spreche und dabei die Schläge einer Uhr vergleiche, so finde ich, dass auf jedes einzelne *sprachst* etwa $^3/_4$ Sekunde kommt: eine verhältnissmässig ungeheuere Zeit im Vergleich zu andern, gleichfalls langen Silben. Denn das Wort: *aber*, also eine lange und kurze Silbe zusammen, vermag ich in einer Sekunde bequem zweimal auszusprechen. Nun frage ich die Tonsetzer, namentlich die Opernkomponisten, ob sie auf diese Dinge bei ihren Kompositionen, z. B. im raschen Parlando, immer gehörige Rücksicht genommen haben?

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die natürliche Länge und Kürze einer Silbe nicht mit deren Zeitdauer zusammenfällt, dass erstere Grösse immer nur eine relative, durch Vergleichung zweier Silbenvokallängen erhaltene ist, während letztere immer mehr oder weniger eine absolute ist, die durch die Summirung der nothwendigen Zeitwerthe der einzelnen Sprachlaute einer Silbe erhalten wird, also um so grösser ausfallen muss, je mehr Sprachlaute in eine Silbe zusammengefasst sind.

c) Prosodische oder metrische Geltung der Silben.

Die prosodische Geltung der Silben bezieht sich zunächst, wie schon der Name lehrt, auf die Messung oder Wägung derselben behufs ihrer Einreihung in Verse als Versglieder oder Füsse. Der hier anzulegende Maassstab (Metrum) wird nicht allein von der temporellen Quantität oder Producibilität der Silben entlehnt, sondern auch von der dynamischen Quantität, oder vom Grade der natürlichen Konsistenz, Schwere oder Dichte der Silben. Auch Rapp*) unterscheidet für die Metrik die Silben weniger in lange und kurze, als vielmehr in schwere und leichte, weil der Ausdruck kurz und lang strenger Weise nur den Vokal, nie die Silbe treffen könne. Diese dynamische Quantität ist mit dem Akcent oder dem Tonfall (s. den folgenden Paragraph) nicht identisch. Sie kann zwar mit ihm zusammenfallen, aber auch von ihm getrennt bestehen, wo nämlich der Akcent auf eine entschieden und unter allen Umständen kurze Silbe zu stehen kommt.

Die Prosodik unterscheidet die Silben in lange, mittel- oder wechselzeitige (ancipites) und kurze. Mittelzeitige sind bekanntlich solche, welche nach Umständen und Bedürfniss bald kurz, bald lang gebraucht werden können. Dass diese Ausdrücke nicht richtig gewählt sind, dass die prosodische Schwere einer Silbe mit deren Zeitdauer oder Länge durchaus nicht identisch ist, davon kann man sich ganz leicht überzeugen, wenn man einige Hexameter u. s. w. skandirt, und dabei die einzelnen Füsse, so gut es geht, ihrer Zeitdauer nach gegen einander abwägt. Man wird hier finden, dass der Daktylus durchaus nicht = 𝅗𝅥 ♩ ♩, sondern mehr = ♩ ♩ ♩; dass also die erste Silbe desselben nicht mehr Zeit, wohl aber mehr Ton, als die folden, beansprucht; ferner dass dem Zeitwerth nach der Tribrachys (petere, domine) auch im (jambischen) Verse, gerade eben so viel zu bedeuten hat, als der Daktylus (tempora, Κυρίε) Man würde das Wesen des Hexameters völlig zerstören, wenn man die erste Silbe des Daktylus eben so lange halten wollte, als die beiden andern zusammengenommen: der Rhythmus des Hexameters, ist durchaus dreitheilig, nicht zwei- oder viertheilig. Die stellvertretenden Spondeen vermögen diese Dreitheiligkeit nicht aufzuheben, eben so wenig, wie die eingemischten Tribracheen, Daktylen, Choriamben u. s. w. die jambische oder trochäische Natur eines dramatischen Senar's, weil der Jambus und Trochäus dem Zeitmaasse seiner Silben nach sich der Dreitheiligkeit wenigstens sehr annähert. Wir werden weiter unten nachweisen, dass die Dreitheiligkeit überhaupt ein wesentliches Element der ganzen prosodischen Silbengruppirung ist. S. unter d) und e).

Die prosodische Geltung der Silben wird nur zum Theil von den natürlichen oder physikalen Verhältnissen und Eigenschaften derselben bedingt, zum grossen Theile hängt sie von dem ihnen eingeräumten begrifflichen Werthe, von der sprachlichen Bedeutsamkeit u. s. w. derselben ab. Manche Silbe, die ihrer physikalen Natur nach lang sein müsste, verliert an prosodischem Werth, wenn ihr die genannten Eigenschaften abgehen.

Die Anthropophonik kann und darf sich in Bezug auf die Silbenmessung nicht auf die zunächst geistigen Verhältnisse der Sprache einlassen, sie hat nicht die Silben nach ihrer begrifflichen Bedeutsamkeit gegen einander abzuwägen, sondern lediglich nach ihrer phonischen. Sie hat aber dabei die

---

*) Physiologie der Sprache. S. 163.

Grenzen zu bestimmen, bis wie weit die Länge und Schwere der Silben von Naturgesetzen bedingt ist, die nicht übertreten werden dürfen, so lange die Kunst, in deren Dienste die Prosodik steht, eine schöne bleiben soll.

Nach meinen Untersuchungen lassen sich etwa folgende physiologische Gesetze für die Prosodik aufstellen.

1) Eine Silbe ist lang (schwer), wenn ihr Vokal, ohne ihr geistiges Wesen zu zerstören, producirt werden kann, ferner, wenn ihr Vokal, ohne dessen natürliches Wesen zu zerstören, nicht korripirt werden darf (*er*, ηρ); eine Silbe ist dagegen kurz (leicht), wenn die erwähnten Verhältnisse nicht stattfinden, und wenn kein anderes, die Kürze aufhebendes oder wenigstens sehr minderndes, Moment hinzutritt. Vergl. die früher S. 920 ff. gegebenen Regeln. Also wo zwei Vokale zusammenkommen, ohne einen Diphthong zu bilden, von den mithin der zweite eine neue Silbe anfängt, da ist die erste Silbe, mag sie mit einem Konsonant anlauten oder nicht, kurz, wofern er nicht, was freilich erst zu untersuchen ist, aus einem Diphthongen entstanden ist, oder wofern nicht zwischen beiden Vokalen ein Konsonant ausgefallen ist; die zweite Silbe dagegen ist in jenem Falle lang, auch wenn sie aus einem (nicht producibeln) Diphthongen besteht. Die jambischen Diphthongen und Triphthongen bilden entweder, wie schon der Name besagt, einen Jambus, oder, wenn sie, wie in der spanischen Poesie oft geschieht, einsilbig gebraucht werden, eine lange Silbe. Wo in einem Worte auf einen Diphthong ein einfacher Vokal folgt, so ist die erste Silbe lang, die andere kurz (bei **e**) oder mittelzeitig (bei **a**, **o**, **u**, wenn kein harter Explosivlaut nachfolgt). Lautet aber der Diphthong ein Wort aus, dem ein mit einem Vokal anlautendes Wort nachfolgt, so wird dieser Diphthong von den Griechen und Römern ebenso behandelt, wie ein einfacher Vokal, d. h. kurz. Wird ein Diphthong in seine beiden Vokale aufgelöst (Diaeresis), so wird der erste Vokal lang, producibel, der andere mittelzeitig (bei den alten Römern lang, z. B. *terrā-i*).

2) Ist der Vokal der Silbe von Natur kurz, so wird die Silbe dennoch prosodisch lang oder schwer, sobald auf ihr, d. h. hinter ihrem Vokale, ein K n o t e n p u n k t sich bildet, das heisst: wenn sich hier die konsonantischen Funktionen der Organe in einer Art häufen, dass dazu eine Zeit erfordert wird, die entweder länger ist, als zur Bildung der voraus oder nachgehenden Silbe, oder ebenso lang, als zur Haltung eines langen Vokals für gewöhnlich gefordert wird. Hierauf beruht die sogenannte P o s i t i o n der klassischen Sprachen, d. h. der Zusammentritt zweier oder mehrer Konsonanten hinter dem Vokal, mögen dieselben der betreffenden Silbe angehören, oder ganz oder zum Theil die folgende Silbe (wenn es ein mehrsilbiges Wort ist) anlauten. Doch sahen die alten Griechen und Römer manche solcher konsonantischer Knotenpunkte nicht für voll genug an, um die Vorsilbe nothwendig lang werden zu lassen, und zwar nicht nur, wo ein Semivocalis mit einem andern Konsonanten zusammentrat, auch bei **c** und **qu**: eine Willkührlichkeit, die schon R a p p *) gerügt hat. Ferner gehört hierher der Fall, wo ein und derselbe Konsonant die Vorsilbe aus- die Nachsilbe anlautet: hier wird die Vorsilbe in den alten klassischen Sprachen stets lang gebraucht. In den an Konsonanten reichern Sprachen fehlt aber die Position auch nicht, nur wird sie hier in einem andern Sinne ge-

*) A. a. O. S. 164.

handhabt, als von den alten Griechen und Römern. Die meisten Silben der germanischen Sprachen schliessen und beginnen mit einem Konsonanten*), bei ihrer Vereinigung entsteht also fast immer eine Position von der Art, wie sie bei den Griechen und Römern verlängernd gewirkt hätte. Dadurch wird aber eine Silbe, die aus andern Gründen kurz gebraucht wird, nur selten lang. Doch kommen Beispiele vor: eins der schlagendsten ist *lebendig,* wo sogar die an sich lange Wurzelsilbe *leb* der Knotensilbe *end* an Schwere weichen muss. Ueberhaupt handelt es sich nur darum, Silben, die ihrem begrifflichen Wesen nach (das doch in den germanischen Sprachen zunächst die dynamische Quantität bestimmt) kurz sind, d. h. die ihrem geistigen Werthe nach anderen, bedeutungsvolleren Silben nachstehen, durch Konsonantenhäufung so viel an Zeitwerth beizufügen, dass sie in der Rede nicht füglich kurz absolvirt werden können Dies gilt namentlich von Vor- und Beiworten, auch von einigen Fürworten. Doch müssen wir, um über diesen Punkt und noch einige andere, welche auf die Silbenmessung Bezug haben, entscheiden zu können, zuvor über den Akcent sprechen.

d) Akcent oder Tonfall (Ictus).

Sowohl die natürliche Quantität als auch die Zeitdauer ist eine absolute, nothwendige Eigenschaft einer Silbe, die ihr als Produkt gewisser artikulatorischer Funktionen des Sprachorgans wesentlich zukommt; die prosodische Geltung, die Schwere ist schon etwas Relatives, denn sie verlangt, um zur Geltung zu kommen, mindestens zwei Silben, die ihrer Dichtigkeit oder Schwere nach gegen einander abgewogen werden; der Akcent oder Tonfall erfordert zu seinem Auftreten eine Folge (einen Satz) von mehrern Silben, auf welche der Ton, oder vielmehr die tönende in Exspiration begriffene Luftsäule, mittels des Akcents, d. h. mittels Beschleunigung und Hemmung der Kontraktion der exspiratorischen Druckmuskeln ungleich vertheilt wird.

Der Akcent oder Ton, sagt Hupfeld**), ist der Nachdruck (τόνος) oder die Spannung (Erhebung) der Stimme, wodurch ein Theil der Rede (Silbe oder Wort) aus den übrigen hervorgehoben und als die Hauptsilbe oder das Hauptwort ausgezeichnet wird; er ist das Mittel, wodurch der Geist, die Vielheit und Masse des Stoffs durchdringend und sich assimilirend, in einer Reihe von Lauten und Wörtern das für ihn Wesentliche bezeichnet und zu seinem Eigenthume stempelt. Er bezeichnet den Gang des Geistes über die Lautmasse hin, und seine einzelnen Schläge sind gleichsam die hörbaren Fusstritte seines Ganges.

Der Akcent darf nicht mit Klanggepräge oder Timbre, nicht mit dem individuellen oder nationellem Charakter der Sprachweise, auch nicht mit der Modulation der Sprache, mit Hebung und Senkung der Tonstufe verwechselt werden, sondern er bezeichnet nur, dass die Silbe, auf der er steht, mit stärkerer Luftgebung ausgesprochen werden soll, als die vor- und nachgehende. Der Akzent ist also für die Rede das, was das *Sforzato* und andere Verstärkungszeichen für den Gesang, gewissermaassen auch, was die schweren Silben in den Versgliedern sind. Das natürliche Bedürfniss des

*) Rapp S. 157.

**) Das zwiefache Grundgesetz des Rhythmus und des Akcents, in Zeitschrift der deutschen morgenl. Gesellsch. VI. 2. Heft. 1852. S. 154.

sprechenden Menschen, die Energie seiner Stimme nach Maassgabe des geistigen Ausdrucks der Worte bald zu hemmen, bald zu verstärken, wurde in der quantitirenden Sprache, wie wir sie z. B. beim Homer vorfinden, durch die schweren (prosodisch langen) Silben sinnlich befriedigt; für die prosaische Umgangssprache dagegen wurden und werden noch die Worte nach Gesetzen betont, die mit den der Prosodik nicht immer zusammenfallen. Bei der grossen Verwirrung, die in der Lehre der geschichtlichen Entwickelung der Akcente herrscht, bei der Ungleichheit des Werthes, den die verschiedenen Nationen auf die Betonung legen, bei der grossen Verschiedenheit des Zweckes, den sie dabei im Auge hatten, bei den oft schreienden Widersprüchen, in welche Akcent mit Quantität gerathen, ist es freilich sehr schwer, über die Principien, welche die redenden Menschen vom Anfang und von jeher bei der Stellung ihrer Akcente leiteten, ins Klare zu kommen: indessen wollen wir einen Versuch dazu machen.

1) Einsilbige Worte bekommen in der Rede den Akcent, wenn sie ihn von Haus aus verdienen, oder durch einen Zufall dazu befähigt worden sind. Die griechische Sprache geht mit ihren Akcenten in dieser Hinsicht verschwenderischer um, als neuere, besonders die germanischen Sprachen. Alle einsilbigen Wesen- und Wurzelworte haben auf Betonung Anspruch, sie können aber durch eine noch stärker zu betonende Silbe den Ton verlieren, ebenso wie ihn eine blosse Anhängesilbe durch günstige Stellung gewinnen kann, z. B. *müttĕrlichĕ*, *Hindeȓnisse;* und umgekehrt *mĕin Heȓr Kónig*, für *wén schuf Gott* u. s. w. Das Zeichen ˇ bedeutet hier halben, das ′ ganzen Akcent.

2) Bei zweisilbigen Worten ist das Stimmorgan geneigt, die erste Silbe klangvoller auszusprechen, als die zweite, weil den Exspirationsorganen für die Bildung der ersten Silbe offenbar mehr Lungenluft zur Verfügung steht, als für die zweite. Daher ruht in zweisilbigen Worten der Akcent naturgemäss auf der ersten Silbe. Die lateinische und arabische Sprache beobachten diese Regel am treuesten. In den andern Sprachen treten vielerlei andere Zugkräfte (z. B. Wurzelbedeutsamkeit, Kontraktion zweier Vokale in einen u. s. w.) auf, die den Akcent oft genug auf die zweite oder Endsilbe ziehen; aber auch im Griechischen strebt der Akcent, wenn er irgend kann, auf die erstere Silbe (die Penultima) zurück, z. B. ἔχω, φέρει, πόλις, λόγοι u. s. w. trotzdem, dass hier die letzte Silbe oft genug lang, die erste kurz ist.

Ueberhaupt ist der Tonfall von Natur in allen Sprachen ein alternirender, wechselsilbiger*), nie können zwei nebeneinander stehende Silben zugleich den Akzent erhalten, während der prosodische Rhythmus fast nur ein dreitheiliger ist. Nur in den Sprachen, wo der Ton nur auf schwere Silben fällt, und dabei in zweisilbigen Worten der Ton auch auf die zweite Silbe fallen kann, wie in der deutschen Sprache, kommen auch in unge-

*) „Der Ton kann nur auf eine der drei letzten Silben fallen, weil ein einfaches rhythmisches Gebiet, dessen Hebung er ist, streng genommen nur zwei Silben, und nur insofern in der Senkung einer langen Silbe zwei kurze (oder in der Aussprache verkürzte) gleich gelten, drei Silben umfassen kann, wobei der Nachdruck der Hebung vorkommenden Falls der Kürze so viel Kraft zulegt, dass sie das Gleichgewicht auch mit einer langen Senkung halten kann, so wie die Tonlosigkeit der Senkung Längen, besonders in offenen Endsilben, beeinträchtigt.“ Hupfeld a. a. O. S. 158.

bundener Rede reine Daktylen, Anapästen und Choriamben vor, was in den quantitirenden Sprachen nicht so leicht möglich ist. Denn z. B. *temporibus* wurde nicht choriambisch, sondern mit zwei Akcenten, dem Hauptakcent auf der zweiten, dem Nebenakcent auf der vierten Silbe ausgesprochen, οὐδεμιᾶς ebenso (*tempóribús*, οὐδέμιᾶς). Die deutschen Worte dagegen, wie *Vógelgesáng, Féierlichkéit* u. s. w. lassen sich auf diese Art nicht akcentuiren.

3) Ein Wort muss also, wenn es mindestens drei Silben, von denen zwei lang sind, zählt, zwei und mehr Akcente bekommen, z. B. das Wort *Cónstantinopólitánus* (*—ner*) ganzer vier. Von diesen Akcenten ist immer einer der sogenannte Hauptakcent, weil der Ton nicht auf alle zu betonende Silben mit gleicher Energie geworfen werden kann, sondern so, dass nur (die) eine Tonsilbe, im Griechischen immer die letztere, im Lateinischen und Deutschen oft auch die erstere den Vorrang bekommt.

4) Der Akcent ist also, trotzdem dass er dem sprachlichen Wesen, der Bedeutsamkeit, der Quantität, Schwere der Silben oft förmlich Hohn zu sprechen scheint, dennoch nichts der Sprache gegen ihre Natur Aufgedrungenes, nichts Krankhaftes*), sondern ein von einem durchaus natürlichen, wenn auch nicht sehr edelen, Bedürfniss des sprechenden Menschen hervorgegangenes Element. Der Akcent kommt nämlich der Oekonomie des Athems beim Sprechen, wo alle Silben ihrer Quantität und Schwere nach gleich behandelt werden, zu Hülfe. Der Akcent ist für die Prosa, wo lange und kurze Silben ohne vorgeschriebene Ordnung wechseln, so ziemlich dasselbe, was der Ictus oder rhythmische Akcent, Versakcent, für den Vortrag lyrischer und dramatischer Verse, mögen diese in regulären oder irregulären Metren geschrieben sein. Bentley hat zuerst für den Terenz nachgewiesen, dass dessen Verse zum grossen Theil des festen, bestimmten Metrums entbehren, und fast nur nach einem gewissen Rhythmus, welchen er durch seine Akcente, die er über die Verse setzte, auszudrücken gesucht hat, gelesen oder recitirt werden müssen. Im Grunde bezeichnen diese Akcente weiter nichts, als die erste schwere oder durch Betonung hervorzuhebende Silbe eines jeden Doppeljambus oder Doppeltrochäus, mögen so viel oder so wenig Silben in einen solchen eingehen, wie es dem Dichter gerade beliebt hat. In der Folge hat man diesen Ictus oder Versakcent aber auch allen übrigen Versgattungen zuerkannt; namentlich kommen in der griechischen lyrischen Poesie Verse vor, die ohne solche Akcente gar nicht vorgetragen werden können. Neben diesem Ictus oder Hauptakcent besteht natürlich immer noch der auf eine schwere Silbe des zweiten Fusses zu legende Nebenakcent, so dass beim Lesen eines Verses Haupt- und Nebenakcent mit einander in bestimmter Ordnung wechseln, ebenso wie es in der Prosa, nur in laxerer Anordnung, geschieht.

5) So wie nun der Versakcent seine Stelle wechselt, sobald der Versfuss (oder Doppelfuss) sich in anderer Weise komponirt, z. B. eine Silbe mehr erhält, so wird auch der Akcent oder die Akcente eines einzelnen Wortes verrückt, auf andere Silben dieses Wortes gestellt, sobald dasselbe seine Silbenzahl verändert hat. Man vergleiche *Sollicitúdo* mit *Sóllicitudinibús*, *audíre* mit *aúdi, lében, lebéndig* u. s. w. Beim Terenz erhält sogar ein und dasselbe Wort den Akcent oder Ictus bald auf die eine bald auf die an-

*) Rapp, a. a. O. S. 176. 190.

dere Silbe, je nachdem es im Verse die eine oder die andere Stelle einnimmt, je nachdem es von dem Versfusse mehr oder weniger konsumirt u. s. w. So liegt auf *Principium* der Akcent bald auf der ersten, bald auf der zweiten Silbe, obwohl diese kurz ist. Dass heisst: Terenz und die andern Komiker bedienen sich nach Bedürfniss bald der Schwere bald des Akcents, bald der quantitirenden Skansion, bald des Tonfalls, um ihre Verse so vortragen zu lassen, dass es noch wirklich Verse erscheinen, keine Prosa.

6) Demnach steht die Setzung der Silbenakcente in den meisten (nicht allen, wie Hupfeld irrthümlich behauptet) Sprachen mit bestimmter Silbenbetonung immer unter der Herrschaft des erwähnten rhythmischen oder Fluktuationsgesetzes, nicht (wie dies von der Quantität und Schwere grossentheils gilt) der Etymologie und Wortbildung. Dies Gesetz erweist sich zunächst im Sitz des Akcents (bei mehrsilbigen Worten des Hauptakcents), in der Bestimmung der Silbe, die er einzunehmen hat. Hier gilt allgemein die Regel, dass der Wortton (Hauptakcent), ohne Rücksicht auf den Sitz der Wurzel, auch im vielsilbigsten Wort nur auf einer der drei letzen Silben ruht, und zwar nach Maassgabe der Quantität oder Schwere der beiden letztern. Sind diese beiden kurz, so ruht er auf der Drittletzten, sind beide lang oder nur eine von beiden, auf der vorletzten. Beispiele: Στόματος, στμάτων, ἄνθρωπος, ἀνθρώπων, τύπτω, ἔτυπτον, ἐτυπτέτην. — *Mácedo*: *Macédones*, *Macedónia*, *púeros*, *puerórum*, *puerorúmque*, *aúdiunt*, *audiébam*. — *Kátala* (Hebr.), *katálta*, *kataltónno*, *jáktolo*, *jaktólna*; *kátelu*, *katélatu*, *katelína*. — *Crédere* (Ital.), *credéva*, *credevámo*, *benéfico*, *pudíco*; *Angel* (Span.), *órden*, *difícil*, *áman* (bei Apocope des Endvokals, wenn dadurch die Quantität nicht verlängert ist.) — Im Englischen wirkt die lateinische Akcentuation unter gleicher Bedingung nach, z. B. die Wörter auf —*átor*, ´_*ity*, *lety* (latein. = ´_*itas*, *ietas*), ´_*ent* (lat. *ens*) ´_*imen*, ´_*ic*, *ific*, *id*, *ile* u. s. w. Bei weiterer Zurückwerfung des Akcent (nach der Anfangssilbe zu) tritt der Nebenakcent hinzu. Im Hebräischen sind beide letzte Silben immer schwer, daher der Akcent nie bis zur drittletzten Silbe vorrückt. *)

7) In allen den beispielsweise angezogenen Sprachen ist also der Akcent nach sinnlichen Rücksichten und Gesetzen ausgetheilt. Der Grieche zieht den Ton rückwärts durch nachfolgende schwere Silben, die dem Tone nicht zu ferne stehen dürfen. Die Römer haben eigentlich nur zwei Silben zu betonen, und jede Verlängerung des Worts durch Flexion und Derivation wird daher den Ton rückwärts (eigentlich vorwärts) ziehen. Aehnlich verhält es sich in den semitischen Sprachen. Der Ton ist offenbar hier nicht in dem Sinne ein fixirter, dass er an gewissen Silben unter allen Umständen festhinge, sondern er schwebt gleichsam über dem Wort, um sich bald auf diese, bald auf jene Silbe niederzulassen. Diese Beweglichkeit bildet den Charakter des sinnlich oder rhythmisch ausgetheilten Akcents.

Anders verhält es sich in den germanischen Sprachen. Hier bleibt der Ton, der sich einmal dem Wurzelvokal oder der Wurzelsilbe eines Wortes aufgeprägt hat, unter allen Umständen (fast ohne Ausnahme) auf dieser Silbe, mag ihr vor- und nachgesetzt werden, was und so viel als will, unverrückbar stehen. Der germanische Akcent ist demnach Wurzelbetonung,

*) Hupfeld a. a. O. S. 158 ff.

und strebt immer dem von Haus aus schwersten Silben zu. Freilich wird aus zwingenden rhythmischen Rücksichten der Ton zuweilen von der Wurzelsilbe verdrängt, oder es wird ein Nebenakcent nöthig, besonders wenn so viel bedeutungslose, also von Haus aus kurze, Silben der Stammsilbe nachfolgen, dass von denselben wenigstens eine betont werden muss, z. B. *lieb-licheres, mütterliches,* wo der Nebenakcent nach Umständen oder Bedürfniss auf die Ultima oder Penultima gelegt werden kann. In ähnlicher Weise verhält sich das schon erwähnte Wort *Lebéndig,* auch *eléndiglich,* von andern Sprachen entlehnten Worten, wie *Áraber* und *arábisch, Convúlsión* und *cónvulsivisch* u. dergl. zu geschweigen.

Die französische Sprache steht zwischen dem sinnlich romanischen und dem logisch germanischen Akcent gleichsam in der Mitte; sie sucht sowohl den einen als den andern zu vermeiden, und behauptet sogar, ohne allen Akcent zu sprechen, was aber eine eitele Illusion ist. Man braucht nur französische Verse recitiren zu hören, um sich zu überzeugen, dass der französische Akcent kein blosser *Accent d'émphase* ist. Ueber die zur Bezeichnung gewisser Vokalqualitäten gebrauchten Akcente der französischen Sprache haben wir früher gesprochen.

8) Ausser dem Silbenakcent und dem Ictus, der vorzugsweise zur Sicherung des Tenor's, des Flusses der Rede und des Verses dient, giebt es einen Wortakcent, der über diese mechanischen Verhältnisse hinausgeht und es lediglich mit der geringern oder grössern Prägnanz des Sinnes, der Bedeutsamkeit der Worte als Satzglieder zu thun hat. Beim Fragen, Bejahen und vielen andern Aeusserungsweisen des Urtheils, wird dieser Akcent stets auf das Wort gelegt, auf welches es ankommt. In einem einfachen Satz kann der Akcent bald auf das Subjekt, bald auf das Prädikat, auf die Kopula u. s. w. zu stehen kommen, je nachdem es der Sinn und die Beziehung des einzelnen Satzglieds es erfordert.

e. Rhythmus.

Unter Rhythmus versteht man nach Vorgang der alten Griechen die Abmessung oder Vertheilung einer in der Zeit vor sich gehenden vom Auge oder vom Ohr aufzufassenden Bewegung in gleichlange Abschnitte, deren jeder aus mindestens zwei, meist ungleichen, aber in bestimmter Ordnung aneinander gefügten Theilen besteht*). Diese einzelnen Abschnitte erhielten bald den Namen Takte, bald Füsse, und je nachdem der einzelne Takt oder Fuss aus 2, 3 oder 4 (selten mehr) Theilen besteht, spricht man von zwei-, drei- oder viertheiligem Rhythmus, in welchem das vorzuführende (Ton-, Tanz- oder Gesangstück) sich bewegt. Demnach unterscheidet sich Rhythmus vom Metrum nur durch die grössere Weite seines Begriffs, indem letzteres, wenigstens in musikaler Hinsicht, immer eine Kombination von zwei oder mehrern Zeitmomenten darstellt, demnach sich nicht nothwendig auf gewisse Bewegungen von bestimmter Zeitdauer bezieht, sondern nur auf gewisse Zeittheile von bestimmter Dauer, die sich aber wieder in kürzere Theile oder Theilchen zerfällen lassen.

Demnach gehört der Rhythmus gar nicht ausschliesslich dem Gebiet des Hörbaren an, sondern ist eine Eigenschaft, die jede Bewegung, nicht nur

---

*) Hupfeld (a. a. O. S. 171 ff.) giebt dem Begriffe des Rhythmus weitere Grenzen.

die stehende Wellenbewegung, in ihrer Manifestation annehmen kann. Der Rhythmus kommt ausser den Phänomenen der menschlichen Stimme und Sprache auch der Musik an sich zu, ebenso den unwillkührlichen Kontraktionen des Herzens und der Athemmuskeln, so wie den willkührlichen Bewegungen der Füsse behufs des einfachen Marsches oder der komplicirteren Produktionen des Tänzers.

In der Regel ist der Rhythmus ein (wenigstens für eine gewisse vorgeschriebene Zeit) sich gleichbleibender, d. h. die einzelnen Abschnitte sind in ihren Elementen einander gleich, wie dies beim Marschrhythmus und dem gewöhnlichen Tanzrhythmen der Fall ist. In den höhern Formen der Musik und der Poesie dagegen ist es ein Kunsterforderniss, mit dem Rhythmus nach gewissen ästhetischen Regeln zu wechseln, und sehr viele hierher gehörige Kunstwerke verdanken ihre Schönheit zum grossen Theile diesem Wechsel.

Das Bewusstsein des rhythmischen Gesetzes beruht auf dem Takte, d. h. auf der zeitlich gemessenen, gleichmässigen Wiederkehr unter sich völlig koordinirter Schwerpunkte, auf einer idealen Reihe gesetzt vorgestellt*). Diese Schwerpunkte der Tonreihe oder des Tanzreigens nennt man in der Poëtik die Arsis (weil die Stimme dabei gehoben wird), in der Tanzkunst den Niedertritt, in der Musik die gute Note oder den Niedertakt. Was zwischen zwei solche Schwerpunkte, d. h. zwei rhythmische Abschnitte, in der musikalen Notirung durch die Taktstriche bezeichnet, hineinfällheisst Thesis, Auftritt, mehr oder weniger schlechte Note, oder nach Umstänt den Auftakt, Basis, Anakrusis. Der Rhythmus im gewöhnlichen Sinne des Worts ist also nichts der Sprache und ihren Elementen von Natur Zukommendes, sondern etwas derselben zur Erreichung bestimmter Zwecke Beigegebenes, ein Mittel, wodurch die Sprache auf das Gemüth des Menschen kräftiger einwirken kann, weil sich der Rhythmus zunächst und in regelmässigen Schlägen an die sinnliche Sphäre des Menschen wendet, und so den Eindruck der Worte lebhafter und bestimmter macht.

Die rhythmischen Schwerpunkte einer sprachlichen sowohl als musikalen Tonreihe fallen zwar in der Regel mit den auf denselben Stellen vorkommenden Akcenten zusammen, aber nicht nothwendig. So wie in der Musik ein Akcent auf eine schlechte Note fallen kann, so kann auch in der durch den Rhythmus gebundenen Rede wenigstens stellenweise der Akcent eines Wortes ausserhalb des rhythmischen Schwerpunkts fallen. Hierauf beruht die Synkope, ein wichtiges Mittel, um die Einförmigkeit des Rhythmus zu vermindern.

Der zweitheilige Rhythmus ist der einfachste, schon in der Natur des Menschen durch die gleichmässig sich sukcedirenden Kontraktionen der beiden Herzabtheilungen, so wie durch die Gehbewegung der beiden Füsse vorgezeichnete. Sowie nun die Kontraktion der Ventrikel des Herzens einen stärkern Impuls bewirkt, als die der Vorhöfe, so wie auch beim regelmässigen Gange der Mensch gewöhnlich mit einem Fusse, und zwar erfahrungsgemäss mit dem linken (weil derselbe dadurch das Ueberbeugen der stärker entwickelten und schwerer wiegenden rechten Körperhälfte nach rechts verhüten muss), stärker auftritt, als mit dem andern, so fällt auch in dem zur Sprache der Poësie verwendeten Rhythmus die Arsis auf den

---

*) Rapp a. a. O. S. 199.

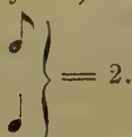
einen Theil desselben, während der andere, minder energische Theil die Thesis erhält. Es kann nun, abgesehen von dieser Verschiedenheit dieser beiden rhythmischen Elemente, der Zeitdauer nach das eine dem andern gleich sein: wir wollen einen solchen zweitheiligen Rhythmus (Fuss oder Takt) den schweren oder vollen nennen. Es gehört hierher der zweitheilige Marsch- und Tanzrhythmus*); in der Poëtik der Spondeus, obwohl letzterer höchstens 3 — 4 mal hintereinander wiederkehren darf, und dann durch einen andern Fuss abgelöst werden muss, wenn der Vers nicht zu schwerfällig werden soll. Oder die beiden rhythmischen Elemente sind ihrer Zeitdauer nach ungleich, das eine fast noch einmal so lang als das andere, so dass wir es eigentlich hier mit drei Zeittheilen zu thun haben, von denen zwei auf den langen, einer auf den kurzen Theil fallen. Wir wollen diesen Rhythmus den leichten oder verkürzten nennen. Es gehören hierher der Jambus und Trochäus, welche ihre dreitheilige Natur schon dadurch zu erkennen geben, dass sie durch andere dreitheilige Versfüsse (Tribrachys, Dactylus, Anapäst) vertreten werden können. S. jedoch hierüber w. u. Musikalisch betrachtet fallen die aus solchen Füssen gebauten Verse (mit Ausnahme des Anapäst's) ins Gebiet des sogannten Dreiviertel- oder vielmehr Dreiachteltakts: der jambische Vers unterscheidet sich vom trochäischen nur dadurch, dass er mit dem Auftakt beginnt, während der trochäische mit dem Niedertakt anhebt.

Wir müssen zwischen Theilung und Währung oder Zeitlichkeit des Rhythmus unterscheiden, insofern die einzelnen Theile desselben an Zeitdauer verschieden sein können. Ein dreitheiliger Rhythmus kann ein zweizeitiger sein, ein viertheiliger ein dreizeitiger u. s. w., wenn zwei Theile desselben nicht länger dauern, als einer der andern. — Der dreitheilige Rhythmus ist der am häufigsten in der Poësie und Orchestrik verwandelte, ja man kann sagen, dass fast die ganze Tanzkunst auf diesen Rhythmus gebaut ist. Es ist nicht ohne Interesse, die hierher gehörigen Rhythmen ihrer Eintheilung und namentlich der Zeitdauer ihrer einzelnen Elemente nach genauer, als bisher in der Regel geschehen ist, zu bestimmen, und danach diese Rhythmen beider genannten Künste mit einander zu vergleichen. Wir müssen jedoch der bessern Uebersicht wegen auch einige viertheilige Rhythmen mit hereinziehen.

	Verskunst	Tanzkunst	
Anapäst**) ♩ ♪. ♩. = 3.	2/4		Polka.
	6/16		Galoppe, Contre.
	6/8		Schottisch.

*) Ein solcher kommt wenigstens in dem modernen Contre-Tanz vor; der Zweiviertel-Rhythmus der andern Tänze gehört zum Dreitheiligen, s. d.

**) Hauptmann (Harmonik und Metrik. Leipzig 1852. S. 338.) notirt ihn so

	Verskunst	Tanzkunst	
Daktylus*)  = 2.			Walzer.
			Schnellwalzer.
Molossus  = 3.			Menuet. (Polonaise).**)
Ionicus a minore  = 3.			Polka Mazurka.

Aus dieser vergleichenden Uebersicht, die sich noch sehr erweitern liesse, geht hervor, dass zwischen den poetischen und orchestrischen Rhythmen eine auffallende Aehnlichkeit besteht, was die alten Griechen vielleicht noch besser gewusst haben, als wir; ferner, dass die Theiligkeit und die Zeitligkeit eines Rhythmus sehr verschiedene Dinge sind, indem der viertheilige Rhythmus des schottischen Tanzes in den Zweivierteltakt gehört, der dreitheilige der Polka und des Contre-danse desgleichen, der viertheilige der Polka Mazurka in den Dreivierteltakt u. s. w. Aus der Vernachlässigung dieses Unterschiedes, so wie wohl auch aus einem gewissen Ungeschick, kleinere ungleiche Zeitabschnitte ihrem Werthe nach aufzufassen und mit einander zu vergleichen, ist der Irrthum entsprungen, als gehöre der Dactylus zu den zwei odes vierzeitigen Rhythmen = — ⏑⏑, als bestehe er aus einer Länge und zwei dieser Länge gleichkommenden Kürzen. Auch giebt es wirklich aus dem 16. und 17. Jahrhundert Kompositionen lateinischer Hexameter und anderer daktylischer Verse, wo richtig die schwere Silbe des Daktylus durch eine halbe, die leichten Silben desselben durch Viertelnoten bezeichnet sind. Aber wer solche Kompositionen nur einmal im vorgeschriebenen Rhythmus zu singen versucht hat, der fand gewiss, dass sich die Sache anders verhält ***). Richtig dagegen sind von den alten Metrikern die andern hier aufgeführten Versfüsse ihrem Zeitwerthe nach bezeichnet. Ueber die verschiedene Theilung des Anapästs und Daktylus erlaube ich mir noch einige Worte hinzuzufügen.

Der Anapäst ist, in seine einzelnen Theile zerlegt, genau dem Daktylus entgegengesetzt, er ist ein umgekehrter oder rückwärts gelesener Daktylus. Gleichwohl ist der Anapäst durchaus zweitheilig, und hat in dieser Hinsicht

---

*) Der Daktylus lässt sich nicht genau notiren: man muss den Punkt hinter dem ersten Viertel etwas kürzer, das Achtel etwas länger halten; auch das dritte Viertel darf nicht den vollen Zeitwerth erhalten. Dasselbe gilt vom Walzertakt. Hauptmann (a. a. O. S. 368) notirt ihn als ♩. ♪ ♩. Er kommt aber dadurch mit dem Zeitwerthe des Spondeus in Konflikt, den er so notirt: ♩. ♩. also geradezu aus zwei Daktylen oder beziehendlich zwei Anapästen sich zusammensetzen lässt.

**) Die Polonaise giebt ein Beispiel des Falles, wo Arsis und Akcent neben einander selbstständig besteht. Die Arsis ruht auf dem ersten, der Akcent oder Tonfall wenigstens häufig auf dem zweiten Viertel, das dadurch um etwa $^1/_8$ verlängert wird.

***) Damit übereinstimmend s. Hauptmann a. a. O. S. 351.

ganz gleiche Währung und Geltung wie der Spondeus: er hat aber seinen Niedertakt oder seine Arsis nicht auf der ersten, sondern zweiten Hälfte. Der Daktylus dagegen, obwohl seine Elemente genau dieselben sind, ist dennoch dreitheilig, aber so, dass seine 3 Theile zusammen nicht länger dauern, als die zwei des Anapästs oder Spondeus, wohl aber länger, als die drei des Jambus oder Trochäus, von welchen ersterer als verminderter Anapäst, letzterer als verminderter Daktylus betrachtet werden kann*). Durch Kontraktion des 2. und 3 Elements wird der Daktylus, durch Kontraktion des 1. und 2. der Anapäst zum Spondeus, nur dass dieser im ersten Fall seinen metrischen Akcent auf dem 1., im zweiten auf dem 2. Fusse hat. Durch Wegwerfung (Elision) des mittlern (kurzen) dagegen wird der Daktylus zum Trochäus, der Anapäst zum Jambus. Diese Disposition müssen wir wenigstens für den recitirenden Vortrag der daktylischen und anapästischen Versarten festhalten, während für musikale Kompositionen solcher Verse grössere Strenge herrschen muss, und hier die eingemischten Trochäen und Jamben, wenn das musikale Metrum nicht fortwährend (wie in den alten, der Taktstriche ermangelnden Kirchenmusiken) sich ändern soll, natürlich denselben Zeitwerth erhalten müssen, wie die vollständigen Daktylen, Anapästen und Spondeen. Was die hiervon zum Theil abweichenden Ansichten und Expositionen Hauptmann's anlangt, so bitte ich, dieselben in s. Buche S. 344 ff. nachzulesen.

Bei allen den zahlreichen Modifikationen, die wir bei den Lyrikern in ihren rhythmischen Formen angewandt vorfinden, und welche nicht unpassend mit dem Wechsel der verschiedenen Noten eines Musikstücks verglichen werden können, muss doch an jeden lyrischen in gleicher Disposition ein oder mehrmals sich wiederholenden Abschnitt, an jede sogenannte Strophe, wenn sie recitirt oder gesungen werden soll, ein gewisser zeitlich abmessender Maassstab angelegt werden können, nach welchem die vorzutragenden Worte in einzelne, gleichdauernde Abschnitte oder Takte zerfallen, wenn nicht das Ganze seiner einheitlichen Form, des Ebenmaasses seiner einzelnen Theile, verlustig gehen soll. Dies ist um so mehr nöthig, sobald eine solche Strophe von mehrern, von einem Chore, vorgetragen werden, oder wenn sie von Musik begleitet werden soll. Es muss hier ein zeitliches Bindemittel vorhanden sein, das die einzelnen Vortragenden zusammenhält, welches bewirkt, dass jeder gleichzeitig dasselbe spricht oder singt, dass nicht der eine eher fertig wird, als der andere. Diese lyrischen Takte, welche unter einander zeitlich eben so gleichlang sein müssen, als die Takte eines wirklichen Musikstücks, werden bezeichnet durch den rhythmischen Akcent. Wenn ein solcher, wie wir bereits früher erwähnt, schon für den blossen deklamatorischen Vortrag dramatischer oder komödischer Dichtungen erforderlich war, wenn auch hier die durch den Akcent abgegränzten Dipodieen nicht nothwendig gleiche Zeit dauern mussten, so ist es hier aus den angeführten Gründen noch weit nothwendiger. Seit Bentley's erstem Versuche (mit dem Terenz) ist diese Angelegenheit Gegenstand zahlreicher Bemühungen der Philologen gewesen, und es hat in der neuesten Zeit diese Sache bekanntlich praktische Anwendung gefunden durch die

*) Hauptmann (a. a. O. S. 338) sagt dafür: der Daktylus enthält den Jambus im Trochäen, der Anapäst den Trochäen im Jambus: die trochäische Kürze erscheint im Daktylus zugleich als jambische Länge, die jambische Kürze wird im Anapäst zur trochäischen Länge u. s. w.

musikalen Kompositionen Mendelssohn's, die er mehrern Chören des Sophokles, namentlich aus dessen Antigone und Oedipus Coloneus, untergelegt hat. Bei dem Interesse, welches diese Arbeiten auch im grössern Publikum angeregt haben, und welches der Gegenstand auch an sich verdient, dürfte es nicht unzweckmässig sein, wenigstens an einem und dem andern Beispiele hier zu zeigen, erstlich, wie dieser rhythmische Akcent dadurch, dass er die prosodische Quantität mehr respektirt, von dem des recitirenden Dramas abweicht, zweitens, in wie weit er mit dem musikalen Takte zusammenfällt. Wir wollen zunächst den ersten Chor der Antigone nach dem rhythmischen Schema, wie es Thiersch gegeben, mit der Mendelssohn'schen Takteintheilung und Notirung zusammen zur Vergleichung über einander stellen. Die senkrechten einfachen Striche bedeuten den rhythmischen Akcent, wie ihn Thiersch *) gesetzt hat, die Doppelstriche die Versabtheilung, das Uebrige erklärt sich selbst. Die Uebersetzung ist von Donner: sie ist mehr dem griechischen Metrum, als den Rhythmen, getreu nachgebildet.

Maestoso.

Ἀ - κτὶς ἀ - ε - λί-ου, τὸ κάλ - λι - στον ἑ - πταπύ-λῳ φα -
Strahl des He - li - os schönstes Licht, das der sie - ben-tho-ri-gen

νὲν Θή-βα τῶν προ-τέ-ρων φά - ος, ἐ - φάν - θης ποτ' ὦ χρυ-σέ -
Stadt The-bes nim-mer zu-vor er - schien, du strahlst end-lich des gold-nen

ας ἁ - μέ-ρας βλέ-φα-ρον, Διρ-καί-ων ὑ - πὲρ ῥε - έ - θρων μο -
Tags Auf-blick herr-lich her-auf, ü - ber Dir-kes strö-men-de Flu-then

λοῦ - σα, τὸν λεύ-κα-σπιν Ἀ - πι - ό - θεν φῶ-τα βάν-τα πανσα - γί -
wandelnd, und ihn, der mit leuchten-dem Schild kam von Ar-gos in vol-ler

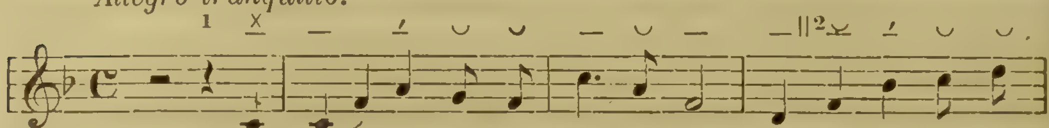
α, φυ-γά-δα πρό-δρομον ὀ - ξυ-τέ- ρῳ κι - νή -σα - σα χα-λι - νῷ.
Wehr, triebest du flüchtig in ei-lendem Lauf fort mit ha-sti-gem Zü-gel.

In der folgenden Strophe aus Oedipus in Colonos habe ich die Versabschnitte nach meinem eigenen Ermessen, die rhythmischen Akcente nach

*) Jacob's poetische Blumenlese 1820. S. 316 ff.

Schneidewin über den griechischen Text gesetzt, dessen Versabtheilung ich gleichfalls (durch dicke, natürlich auch für meine Abtheilung gültige, Striche) beigefügt habe. Die Abweichungen der deutschen Versabtheilung von der griechischen (Brunck-Schäfer'schen) werden auch hier sofort in die Augen fallen, namentlich die Stellen, wo Mendelssohn schlechte rhythmische Taktheile (von Schneidewin durch × bezeichnet) in gute verwandelt hat.

Allegro tranquillo.



Εὔ - ιπ - που, ξέ - νε, τᾶσ-δε χώ - ρας ἵ - κου τὰ κρά -
Zur roſſ' = pran = gen = den Flur, o Freund, kamſt du hier zu des



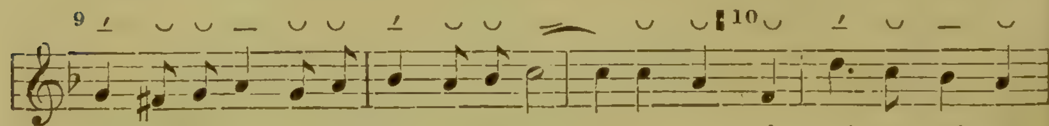
τι-στα γᾶς ἔ-παυ-λα, τὸν ἀρ - γῆ-τα Κο-λωνόν, ἔνθ' ἁ λί-γει-α μι-
Lan=des beſtem Wohnſitz, dem glanz=vollen Ko = lo=nos (Hain), wo hinflatternd die



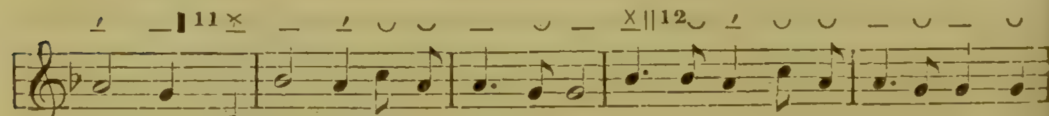
νύ - ρε-ται θα-μί-ζου-σα μά- λιστ' ἀ - η - δὼν χλωραῖς ὑ - πὸ
Nachti = gall in hell = tö = nenden Lau = ten klagt aus den grü = nen = den



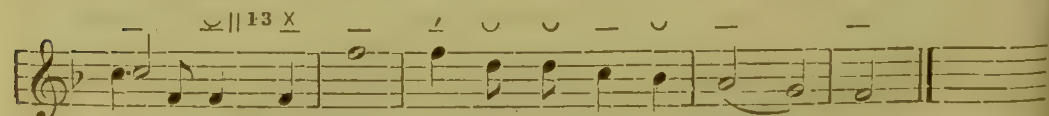
βάσσαις, τὸν οἰ- νωπ' ἀ-νέ -χου-σα κισ - σὸν καὶ τὰν ἄ-βα-τον θε-οῦ
Schluchten, wo weinfar = bi = ger E=pheu rankt tief im hei = li = gen Lau=besdach,



φυλ-λά-δα μυ-ρι- ό - καρ-πον ἀν-ή - λι - ον ἀ - νή - νε - μόν τε
hier in dem ſchat=ti = gen, früchte = be = la = de = nen, dem ſtil = len, das kein



πάν-των χει-μώνων· ἵν' ὁ βακ-χι-ώ-τας ἀ-εὶ Δι-ό - νυσος ἐμ-βα-
Sturmwind be=wegt, wo der be = gei = ſter=te Freuden=gott Di = o = nyſos ſtets her=



τεῦ - ει θεί - αις ἀμ-φι-πο-λῶν τι - θή - ναις.
ein — zieht, im Chor gött=li = cher Mädchen ſchwär = mend.

In den Ausgaben von Brunck und Schäfer ist das letzte Wort unseres dritten Verses zur 1. Silbe des vierten (nach der Lesart ἔνϑα λίγεια), so wie das erste (jambische) Wort unseres 12. Verses (ἀεὶ) in den 11. hereingezogen worden, was aber meiner Ansicht nach ganz falsch ist, da dadurch das Ebenmaass dieser Verse, namentlich der wichtige Parallelismus zwischen Vers 2. und 12., ganz zerstört wird. Die Verse dieser beiden Strophen sind (mit Ausnahme des 9. und 10. der 2. Strophe) verschiedentlich gebaute Glykoneen mit pherekrateischem Schlussvers. Die Basis dieser Verse, d. h. der dem Choriamb oder Mittelfuss vorausgehende Anfangsfuss oder Fussboden, besteht entweder aus einen Spondeus, oder aus einem Trochäus, Tribrachys, Daktylus, oder gar aus einem Jambus, nie aus einem Pyrrhichius. Thiersch's Bezeichnung der rhythmischen Akcente ermangelt, wie das angeführte Beispiel lehrt, des festen Princips: er giebt der Basis einen Akcent, wenn sie sich dazu gerade zu eignen scheint; sonst erhält sowohl bei ihm, als bei Schneidewin, der die Basis durchaus akcentlos lässt, die erste Silbe des Choriamb's den rhythmischen Akcent. Wenn wir nun, wie wir nicht wohl anders können, annehmen, dass die Chöre der alten Dramen mit Musik begleitet und von mehrern Choreuten zugleich gesungen wurden, so scheinen auf den ersten Anblick die Verse, wo die erste Silbe des Verses mit zweisilbiger Basis eine entschieden kurze ist, wie der 4. Vers des ersten und der 3. und 7. Vers des zweiten Chors, hinsichtlich des musikalen Vortrags Schwierigkeiten darzubieten. Ich erkläre mir diese, an sich den musikalen Rhythmus so gut wie zerstörende, Anomalie dadurch, dass die begleitenden Instrumente vor Eintritt dieser Versanfänge einen Ton oder Akkord anschlugen, welcher hier die Stelle der Arsis vertritt, und so der an sich unsichern Basis des Verses erst eine feste Stütze gab, ganz in gleicher Weise, wie wir dasselbe in modernen Gesang- und selbst Tanzpartien oft genug wiederfinden. Mendelssohn hat offenbar diese Idee nicht gehabt, sonst würde er die Worte anders untergestellt und überhaupt anders komponirt haben.

Ueber den freien Rhythmus der ungebundenen oder nicht streng gebundenen Rede, wie er namentlich in den orientalischen Poesien zu finden ist, vergl. Hupfeld a. a. O. S. 171 ff.

f) Schwingungszahlen der gesprochenen Silben. Deklamatorischer und musikaler Ausdruck. Melodie der Sprache.

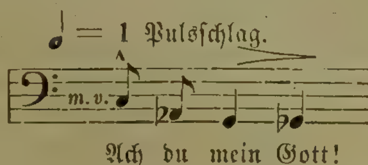
Wir sprechen hier nicht von der wirklichen specifischen Vokalmusik oder von den in Musik gesetzten Silben und Worten eines sogenannten, bereits gegebenen Textes, sondern von den gleichsam zufälligen musikalen Eigenschaften, namentlich von den verschiedenen Schwingungszahlen der Silben einer freien oder gebundenen Rede selbst, sei sie prosaischer oder poëtischer Konstruktion, sei sie Gespräch, Monolog, Gebet, Lied, Gedicht, Anrede, Predigt, Vorlesung u. s. w., welche sich auf Grund einer gewissen physiologischen Nöthigung herausstellen, sobald das sprechende (vortragende, deklamirende u. s. w.) Individuum seine Worte, mag es sie vorher „meditirt" haben oder nicht, so vorträgt, dass sie die von ihm beabsichtigte Wirkung vollständig auf den Hörer ausüben können.

Jedes hörbare Sprechen besteht zum grossen Theil aus Tönen, wenigstens wird das Gesprochene nur durch den Ton der Silbenvokale auf weitere Strecken vernehmbar. Jeder Ton hat aber seine Schwingungszahl, und zwar

seine für den konkreten Fall bestimmte und bestimmbare Schwingungszahl, die in der Regel, so lange nicht völlige, zur rechten Zeit und innerhalb der richtigen Schranken allerdings auch berechtigte Monotonie oder Festhalten einer und derselben Schwingungszahl in dem Gesprochenen herrscht, von den Schwingungszahlen der vor- und nachgehenden Silbentöne mehr oder weniger sich unterscheidet. Wir nehmen daher in jeder gesprochenen Rede ein Stück Musik wahr, nur ist diese Musik kein „Musikstück", sie ist nicht von vorn herein gemacht, und in die Rede hinein oder diese als „Text" ihr untergelegt worden, sondern der Vortrag der Rede an sich, frei wie er war, hat nicht ohne dieses „Stück Musik" stattfinden gekonnt, die Musik hat sich darin von selbst gemacht, ist also nicht vorher als Musik- oder Gesangstück gemacht worden; ja der Sprecher selbst hat in der Regel vorher nicht gewusst, was für eine Musik er durch sein blosses Sprechen schaffen würde. Letzterer Umstand bringt es auch mit sich, dass wir überhaupt in diesem letzten Kapitel unserer Arbeit Veranlassung haben, über die Schwingungszahlen der gesprochenen Silben zu reden. Denn es ist nicht ganz und gar in die Willkühr des Sprechenden gelegt, ob er dem einen Ton diese, dem andern jene Schwingungszahl giebt, sondern die Abmessung der Schwingungszahlen geschieht bei der Pronunciation zum Theil auch nach gewissen Naturgesetzen, wenn gleich dieselben nicht so offen daliegen, wie manche andere.

Kein Mensch spricht stets in einem und demselben Tone, sondern die Töne seiner Rede, auch wenn diese für gewöhnlich ‚monoton klingt', wechseln nach Zeit und andern äussern Umständen, nach der Stellung und Bedeutung der Worte, nach der Stimmung des Gemüths des Sprechenden u. s. w., innerhalb der Grenzen seines Tonbereichs, welche wohl selten enger, als im Betrage einer Oktave, gezogen sind. Für gewöhnlich bedient sich der Mensch bei ruhiger Stimmung derjenigen Töne beim Sprechen, welche auf und unter dem phonischen Nullpunkt (s. S. 599) seines Tonbereichs liegen. Dieser Nullpunkt lässt sich nach meinen Beobachtungen etwa auf der Stelle des individuellen Tonbereichs annehmen, auf welcher das untere Dritttheil desselben in das mittlere übergeht, bei einem Stimmumfang von F bis f^1, also etwa auf c oder d. Ruhige Stimmung lässt sich aber anthropophonisch als der Zustand bezeichnen, wo bei normaler, das durchschnittliche Maass nicht überschreitender Inspirationsgrösse, bei mittlerer Lufttension und bei der Gleichgewichtsspannung der beiden elastischen Bändersysteme des stimmgerecht vorbereiteten und gehörig tief stehenden Kehlkopfs der Ton erzeugt wird. Von einer absoluten Ruhe dieser Stimmung (wir sehen beiläufig, wie naturrichtig dieser populäre Ausdruck gewählt ist) kann hier jedoch eben so wenig, wie bei irgend einer andern Lebensäusserung, die Rede sein, sondern auch diese Ruhe hat eine gewisse Breite, ihren Spielraum, ihre Grenzen, innerhalb deren sich das Stimmorgan dabei bewegt. Schon die Exspirationszeit an sich bedingt einen solchen Bewegungsumfang. Zu Anfang der phonischen Exspiration, wo die Lungen noch angefüllt sind, und die Masse sowohl als auch die Spannung der durch die Glottis bewegten Luft eine grössere ist, als später, muss die Schwingungszahl des Tones einigermaassen grösser sein, als zu Ende der Exspiration. Dies Gesetz lässt sich nicht nur beim Gähnen (s. S. 637), sondern auch bei allen sprachlichen Vorgängen nachweisen, wofern das Individuum dabei nur die behufs der Aufnahme von Sauerstoff u. s. w. nothwendigsten Bewegungen unwillkühr-

lich vollzieht, z. B. wenn es ruhig (vor Krankheit, Ermattung, Hinfälligkeit, oder auch aus blosser Trägheit und Apathie) dasitzt oder daliegt, und auf jeder Exspiration etwa die Worte: *ach du mein Gott!* mit den geringsten phonischen Mitteln und ohne den geringsten specifischen Ausdruck pronuncirt. Diese Worte werden sich, wenn das Individuum eine Bassstimme hat, etwa so notiren lassen:



In diesem Falle bedient sich das sprechende Individuum der tiefsten Töne seines Bereichs, weil er unter obwaltenden Umständen die höhern nicht erreichen kann. Sobald die Kräfte sinken, und zu den Kräften gehört auch der Wille, da sinkt auch der Ton. Der tiefste Ton, wie er beim Sprechen vorkommt, bezeichnet die unterste Grenze des Thätigkeitsumfangs des Stimmorgans, bei welchem, natürlich wenn der Ton (wie beim Sprechen in der Regel) piano gegeben wird, mit den geringsten Mitteln und der geringsten Masse von Material gearbeitet wird, während der höchste Ton die meiste Energie beansprucht. Sobald dagegen mehr Kraft, mehr Muskelarbeit und mehr Luftmittel zur Tonerzeugung verwendet werden, da steigt der Ton und lässt sich auch beim blossen Sprechen bis zur obersten Grenze des individuell disponibeln Tonbereichs steigern, so dass das sprechende Individuum, wenn es seine Mittel gehörig benutzt, eben so viel Tonabstufungen in seiner Rede aufzuweisen hat, als das singende..

Während man beim Singen den Charakter dessen, was gesungen wird, zum Theil wenigstens an der Tonart, aus welcher das Gesangstück geht, erkennt, wird beim Sprechen der Charakter und die Bedeutung des Gesprochenwerdenden zunächst durch den Mittelton bestimmt, d. h. durch die Tonstufe, die beim Sprechen des bezüglichen Satzes ebenso weit über- als unterschritten wird. Dieser Mittelton (oder Satzton) liegt höher oder tiefer auf der Skala des Tonbereichs des Individuums, je nachdem dasselbe in erhöhterer oder gedrückterer Stimmung sich befindet, oder je nachdem das zu Sprechende diese oder jene Stimmung wiedergeben soll. Alle sogenannten excitirenden Affekte treiben den Mittelton nach Maassgabe ihrer Energie höher, alle deprimirenden Affekte und Stimmungen drücken ihn herab. Hiervon verschieden ist das Steigen des Mitteltons, welches erforderlich wird, sobald der Sprecher, ohne deshalb in stärkern Affekts zu kommen, seine Stimme, ohne sonst etwas am Vortrage zu ändern, lauter, auf eine weitere Entfernung hörbar machen will. Nach meinen Beobachtungen wird der Mittelton für den sogenannten angestrengten oder gehobenen Vortrag, wie er im Allgemeinen für grössere Räume erfordert wird, über den phonischen Nullpunkt des individuellen Stimmorgans gesteigert, und etwa auf den Mittelpunkt der ganzen Skala verlegt, so dass der Sprecher jetzt über eben so viel Töne über, als unter dem Mitteltone zu verfügen hat. Hier ist die Gleichgewichtsspannung der beiden Kehlkopfbändersysteme aufgehoben, die Stimmbänder sind stärker gespannt, als das Lig. conoideum, es wird aber auch durchweg ein stärkerer Luftdruck, also auch häufigere und tiefere Inspirationen und ein ausgiebigeres Spiel der Exspirationsmuskeln erfordert,

dafür stehen aber auch dem Sprecher weit mehr Mittel zum Ausdruck zu Gebote. Bei noch mehr gesteigertem Ausdruck steigt der Mittelton noch höher. Das gemeinschaftliche Produkt dieser Steigerung und der Akcentuirung ist die sogenannte Emphase. Ferner ist hier noch zu unterscheiden die sogenannte Kleinlautigkeit, bei welcher der Mittelton, obwohl die Stimmung des Gemüths gerade keine gehobene genannt werden kann, doch eine höhere Schwingungszahl zeigt, aber auf Kosten der Tongrösse und Stärke: der Ton ist in der That, wie auch das Eigenschaftswort besagt, klein, dürftig, er wagt sich nicht heraus. In der Regel wird die höhere Tonstufe hier durch Uebergang des Brustregisters ins Falset bedingt.

Vom Mittel- oder Satztone unterscheidet sich hinsichtlich der Schwingungszahl der Wort- und Silbenton. Wir beobachten an jedem gesprochenen Satze, dass die Schwingungszahl der einzelnen Silbentöne nicht allenthalben dieselbe ist, sondern dass dieselbe auf manchen Silben und ganzen Worten eine höhere ist, als auf den übrigen. Diesen Wechsel von relativer Höhe und Tiefe des Tons im Satze wollen wir Modulation nennen, zum Unterschied von der Monotonie, wo alle Silben und Worte eines Satzes, doch gewöhnlich mit Ausnahme der letztern oder der Schlusssilben, auf einer und derselben Tonstufe vorgetragen werden*). Die Modulation bezieht sich also zunächst nur auf die Unterschiede der Schwingungszahl der einzelnen Satzglieder und Worte, während der Akcent, die Akcentuirung sich auf das Maass der auf die verschiedenen Silben und Worte zu verwendenden Quantität und Spannung der exspirativen Luft bezieht. Es kann ein Akcent auf eine tiefliegende Silbe fallen, es kann aber auch eine gar nicht betonte Silbe eine verhältnissmässig sehr hohe Schwingungszahl erhalten. Demnach ist der Akcent etwas von der Modulation sehr Verschiedenes, und Hupfeld hat offenbar Unrecht, wenn er das Gegentheil behauptet**).

Die Gesetze, nach welchen die Modulirung oder die Steigerung und Minderung der Schwingungszahl der Silbentöne geschehen muss, um dem Gesprochenen dasjenige geben zu helfen, was man den richtigen Ausdruck nennt, können von der Physiologie nach den gegenwärtig ihr gesteckten Grenzen nicht allein aufgestellt werden, obwohl die Aufstellung derselben jedenfalls Gegenstand der Anthropophonik, in so weit diese in das Gebiet der Physiologie, Rhetorik, Deklamation und Aesthetik über zu greifen hat, sein und für die Zukunft bleiben muss. Auch ich bin vorläufig noch nicht im Stande, eine Theorie der Modulation aufzustellen, werde jedoch wenigstens die dazu einzuschlagende Methode angeben, und aus praktischen oder empirischen Beispielen einige Gesetze zu abstrahiren suchen.

Der Weg, welcher hier einzuschlagen ist, kann kein anderer sein, als Anhörung guter Muster, und Notirung des Gehörten mittels der üblichen musikalen Zeichen. Zu ersterem bietet sich Gelegenheit genug, letzteres ist aber nicht ganz leicht, und erfordert, um Irrungen und Unvollkommenheiten

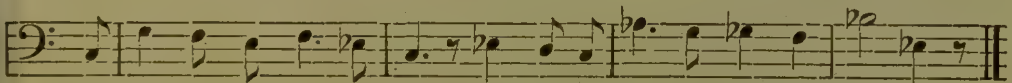
---

*) Ausser dieser Monotonie giebt es noch eine andere, welche dann auftritt, wenn der Rede der wohlgeordnete Wechsel der Sprachlaute, besonders der Vokale, welcher behufs des Wohlklangs nöthig ist, fehlt, so dass sich ein und derselbe Sprachlaut zu oft wiederholt. Marx, Lehre von der musikalischen Komposition. 3. Theil. S. 367. Leipzig 1848.

**) A. a. O. S. 156. 174 ff.

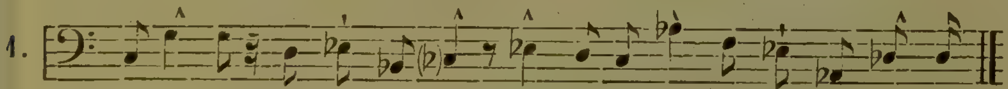
zu vermeiden, viel Uebung und ein gutes musikales Gedächtniss. Am ergiebigsten ist die Selbstauskultation, wofern man selbst eines wenigstens von Naturwidrigkeiten freien Vortrags mächtig ist. Sehr verwirrend wirken die behufs der Notirung unvermeidlichen Wiederholungen eines und desselben Satzes, wo sich bei der Freiheit, welche die Modulation zulässt, gar leicht Aenderungen und Konfusionen aufdrängen. Uebrigens glaube man nicht, dass bloss poetische Stücke oder sonst im höhern Style Koncipirtes sich zu dergleichen Notirungen eigene, sondern man wähle aus allen Stylen, auch das Allerprosaischste und Trockenste, und man wird oft erstaunen, was für „Musik" man durch dergleichen Notirungen erzielt.

Den ersten, in wissenschaftlicher Absicht neuerdings wieder unternommenen Versuch, Gesprochenes mit Musikzeichen niederzuschreiben, machte, so viel ich weiss, Louis Köhler *), nachdem bereits zu Ende des vorigen und Anfang des jetzigen Jahrhunderts Sheridan **), Schocher ***), Löbel †), Michaelis ††) u. A. die Möglichkeit und Nützlichkeit desselben eingesehen hatten. Von L. Haupt's Versuch, die Lesezeichen oder Akcente der althebräischen Poesie als Musikzeichen zu erklären, sprechen wir weiter unten. Nur beschränkte Köhler seine Arbeiten auf das, was wirklich des Schmucks der Musik würdig ist, ohne auf die prosaischen Rede- und Ausdrucksformen Rücksicht zu nehmen. Sein erstes Beispiel notirter Deklamation ist folgendes.



Die Lie - be bringt Lust und Leid, doch in ihr Weh auch webt sie Wonnen.

Was mich anlangt, so deklamire ich diesen poetischen Gemeinplatz etwas anders und hoffentlich nicht minder richtig:



Die Lie - be bringt Lust und Leid, doch in ihr Weh mischt sie auch Wonne.

Wir finden zwischen diesen beiden Bearbeitungen eine auffallende, wohl nicht bloss zufällige Aehnlichkeit, aber auch gewisse Abweichungen, welche offenbar in der individuell verschiedenen Auffassung oder vielmehr Abschätzung des melodischen Werthes der einzelnen Worte begründet sind.

---

*) Die Melodie der Sprache in ihrer Anwendung besonders auf das Lied und die Oper. Leipzig 1853.

**) Lectures on the Art of Reading. London 1787. und A Course of Lectures on Elocution. By Thomas Sherdian. London 1787.

***) Soll die Rede auf immer ein dunkler Gesang bleiben, und können ihre Arten, Gänge und Beugungen nicht anschaulich gemacht und nach Art der Tonkunst gezeichnet werden? Aufgegeben und beantwortet von Chr. G. Schocher Leipz. 1791.

†) Ueber die Declamation oder den mündlichen Vortrag. Nach dem Engl. des Sheridan mit Zusätzen herausg. von R. G. Löbel. Leipz. 1793.

††) Die Kunst der rednerischen und theatralischen Deklamation. Nach G. Austin von Chr. Michaelis Leipz. 1818. — Ausserdem erwähne ich von neuern Schriften: Thürnagel Versuch einer systematischen Anleitung zu Deklamation. Mannheim 1825, und desselben Theorie der Schauspielkunst. Mannheim 1836.

Aus diesem „Deklamirtone“ wollen wir jetzt einmal in den Predigerton fallen, bei welchem mit etwas mehr gehobener Stimme, auch etwas langsamer und markirter gesprochen wird.

2.

Laſ = ſet uns Gu=tes thun und nicht mü = de wer = den, denn zu ſei = ner
Zeit wer=den wir erndten oh = ne Auf = hö = ren.

Beim Lehrtone, wo es sich um Einschärfung von Kunstgesetzen u. dgl. handelt, bewegt sich die Stimme im Allgemeinen in einer etwas niedrigern Tonart, aber auch in ziemlich grossen Stufen und mit noch mehr Modifikatonen. Das Beispiel ist aus Löbel's Bearbeitung von Sheridan's citirter Schrift entlehnt.

3.

Der Accent iſt das Band, wel=ches Sil=ben verbin=det, um Wor=te dar =
aus zu bil=den; die Em=phaſis das Band, wel = ches Woerte an ein =
an=der knüpft, und auf die=ſe Art Sä = tze o = der Thei = le der=ſel=ben bil = det.

Die meiste Freiheit der Modulation herscht im Gesprächston, um so mehr, je lebhafter und leidenschaftlicher das Gespräch geführt wird. Dies nachstehende Beispiel giebt nur einen kleinen Beleg dazu.

4.

A=ber ſag mir nur um Gotteswil=len weißt du denn gar nichts davon? N e in!

An diese Beispiele, die ich nach meinem eignen Vortrage notirt habe, und die jeder, der ohne falsche Angewöhnungen spricht und deklamirt, mit leichter Mühe, sowohl kontroliren als auch nach Belieben vermehren kann, lassen sich vorläufig etwa folgende Betrachtungen knüpfen, die wir zur Aufstellung einiger Gesetze benutzen wollen.

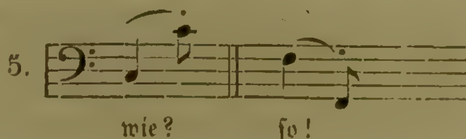
Die Schwierigkeiten der Notirung des Gesprochenen in Vergleich zu der des eigentlichen Gesanges entstehen ausser den bereits erwähnten besonders durch folgende Ursachen.

1) Die Tonschritte werden in der Deklamation weit feiner und freier, willkührlicher nuancirt, als im Gesange, wo die kleinsten Intervalle doch

noch $1/2$ Note austragen. Es gehören, wie schon Thürnagel und Köhler bemerkt haben, mindestens doppelt so viel Tonstufen zur richtigen Notirung des Gesprochenen, als unser Tonsystem bietet. Von festen, bestimmten Toneinsätzen und Intervallen ist bei der Deklamation eigentlich gar keine Rede, ebenso wenig von einem festen Halten des Tons der einzelnen Silbe. Das Detoniren und das sogenannte falsche Portament (S. 760), was im Gesange als Fehler gilt, ist in der Deklamation oft ein wichtiges und nothwendiges Mittel zum richtigen Ausdruck.

2) Ein eigentlicher, streng und bestimmt getheilter Rhythmus ist der gesprochenen Rede ebenso fremd, als die genaue Abmessung der Schwingungszahl. Jeder einzelnen Silbe wird so viel Zeit gewidmet, als ihr von Natur, durch die Stellung, die sie im Satze und in der Rede erhalten, und nach dem freien Ermessen des Sprechenden zukommen soll. Die Notenzeichen müssen daher ohne allen Bezug auf eine gewisse Taktzeit abgemessen werden, von Taktstrichen kann gar keine Rede sein, und man kommt bei der Freiheit, die dem Sprecher hier gestattet ist, oft in Zweifel, ob man eine Viertel-, Achtel-, Sechszehntel-, eine punktirte Note u. s. w setzen soll. Bei meinen Beispielen habe ich als Einheit: ♩ = 1 Herzschlag des Sprechenden, angenommen, und danach die Eintheilung und Abmessung zu bestimmen gesucht. Nicht viel anders verhält es sich mit der Bestimmung der Pausen. Diese zerfallen vom physiologischem Standpunkt aus betrachtet, in Inspirationspausen, auf welchen mehr oder weniger tief inspirirt wird, und in Artikulationspausen, unter welchen ich ein kurzes Anhalten der gerade thätigen Artikulationsmuskeln (einschliesslich der Schliessmuskeln der Glottis) auf dem Uebergang von der Schlussartikulation der einen zur Anfangsartikulation der nächsten Silbe verstehe: in den vorstehenden Beispielen habe ich solche Pausen mit 𝄾 bezeichnet *).

3) Auf eine gesprochene Silbe kann ebenso, wie im Gesange, mehr als ein Ton fallen, aber mit der Eigenthümlichkeit, dass, wo mehrere Tonelemente in einer Silbe vorhanden sind, jedes einzelne derselben seine bestimmte Schwingungszahl erhält, nicht der Hauptvokal allein. So das „*Nein*“ in unserem 4. Beispiel. Hier erhält bereits das *N* seine, von der des *a* des Diphthongen *ei* (*ai*) abweichende Schwingungszahl, und ebenso fällt die des *i* weit tiefer aus, als die des *a*. Dies ist eine Freiheit, welche dem Gesange nicht erlaubt ist. — In andern Fällen, wo die zu pronuncirende Silbe nur Ein vokalisches Element besitzt, z. B. *wie*, *so* u. s. w., wird die Schwingungszahl oft, namentlich wenn dergleichen Silben als Frag- oder Ausrufworte gebraucht werden, in bestimmter Weise variirt, und zwar so, dass der Ton behufs einer Frage einen mit falschem Portament bewirkten weiten Aufsprung, der bei mir gerade 1 Oktave beträgt, macht, während er bei einer Verwunderung oder Staunen ausdrückenden Exklamation ebenso weit in die Tiefe fällt, etwa so:



*) Vom Standpunkte der Deklamation aus betrachtet zerfallen die Pausen nach Thürnagel in oratorische und emphatische.

Das so eben Erwähnte giebt uns einen gewissen Anknüpfungs- und Anhaltpunkt bei der Beantwortung der Frage, worin nun eigentlich das bestehe, was die Schwingungszahl des Tones in dem einen Fall steigen, im andern fallen lässt. Von den körperlichen und seelischen Affekten, welche den Sprechton im Allgemeinen oder im Verlaufe eines Satzes steigen oder fallen machen, haben wir bereits Einiges erwähnt, so wie wir auch schon früher (S. 638) die Versuche angeführt haben, welche Colombat gemacht hat, um die verschiedenen Arten des Schrei's ihren Schwingungszahlen nach zu charakterisiren. Es ist bemerkenswerth, dass gerade innerhalb dieser Grenzen, d. h. wo organische Bewegungen, mögen sie excitirender oder deprimirender Art sein, einen Einfluss auf die Schwingungszahl der Glottistöne äussern, sich noch am ehesten etwas aufstellen lässt, was auf den Namen von Gesetzmässigkeit Anspruch machen kann. Wir können hier nachweisen, warum die Glottis bei gleichzeitiger Beengung des Thorax verengt und dadurch der Ton erhöht werden muss, wenn eine Leidenschaft, wie Freude, Angst u. s. w, die Kontraktionen des Herzens beschleunigt, warum das Wort, die Silbe, auf welcher ihrem Sinne und ihrer Bedeutung nach sich die exspirative, unter erhöhter Spannung befindende Luftsäule am meisten entladen kann oder soll, hier eine höhere Schwingungszahl erhalten muss, als die Nebensilben; warum dagegen bei deprimirenden Affekten (Schreck), wo das ganze animale Leben herabgestimmt, gelähmt wird, auch die Glottismuskeln an diesem Zustande Theil nehmen müssen, und daher die Schwingungszahl der dabei gegebenen Töne niedrig ausfallen muss. Wir können aber ebenso bestimmt behaupten, das behufs des Ausdrucks speciellerer ohne sonderliche Aufregung der Herzthätigkeit vor sich gehender seelischen Bewegungen die Töne der Sprache nicht minder bestimmte Modifikationen ihrer Schwingungszahlen erleiden müssen, und dass bei dem raschen Wechsel und bei der mannichfachen Kombination dieser Bewegungen möglicherweise in einem und demselben Worte mehrere solcher, durchaus nothwendiger, und weniger von der Willkühr als von der Natur des auszudrückenden Zustandes oder der Stimmung bestimmter Modifikationen vorkommen können. S. Beispiel 4. 5.

Anders verhält es sich mit dem rein Begrifflichen, in der Sphäre des Verstands und des Erkenntnissvermögens liegenden, wo es sich weniger darum handelt, dem Zuhörer gewisse Gefühle und Seelenstimmungen vorzuführen, zu wecken oder zu bekräftigen, als vielmehr ihn zu belehren, zu überzeugen oder nur überhaupt etwas Neues, Interessantes u. s. w. mitzutheilen. Den Uebergang hierzu bildet der sogenannte Predigerton (2.); auch der Vortrag von erzählenden Poësien (Epos, Ballade u. s. w.), sowie das höhere Drama gehören zum Theil hierher. No. 3. giebt ein Beispiel des nüchternen Lehr- oder Kathedertons. Von diesem weicht etwas ab der disputirende oder discutirende Ton, von welchem wir noch ein Beispiel anfügen wollen Es soll sich der Streit um die Macht der Liebe und der Freundschaft drehen. Nachdem der eine der beiden Disputanten einen Fall angeführt, in welchem seiner Ansicht nach die Liebe mehr ausrichten könne, als die Freundschaft, entgegnet der Andere nach kurzer Einleitung oder Motivirung seiner abweichenden Ansicht mit folgenden Worten:



Die Lie- be vermag in diesem Fal-le nichts, wohl a - ber die Freundschaft,



die Freundschaft a - ber Al - les.

Hier ist vor Allem die Vergleichung mit unserem 1. Beispiele von Interesse. Dort wurde der Ton vom Artikelwort „*die*“ zur ersten Silbe des Nenn- und Schlagworts „*Liebe*“ ebenso weit gehoben, als er hier gesenkt wird, freilich um zur zweiten Silbe sofort um eine ganze Oktave wieder gehoben zu werden. Ferner kommen hier alle hohen Schwingungszahlen auf untergeordnete Silben, während die eigentlichen prägnanten Silben eine mittlere oder selbst niedrige Schwingungzahl erhalten. Gleichwohl ist auch nicht zu verkennen, dass die Schwingungszahlen der drei Schlagworte *Liebe*, *Nichts* und *Freundschaft* eine steigende Progression bilden, As, c, des. Ausserdem ist interessant, dass der Ton vom Artikel *die* zum Hauptwort *Freundschaft* nicht, wie vorhin bei *Liebe*, fällt, sondern in gleichem Verhältniss (in der Variation b. sogar um 1 None) steigt, offenbar weil im ganzen Satze *Freundschaft* das positive oder affirmative Element ist, *Liebe* dagegen das negative. Aus diesem Grunde erhält auch (in der 2. Variation) *Alles*, obgleich es zu Ende steht, eine weit höhere Schwingungzahl, als *Nichts*. Noch fällt der geschleifte, mit etwas tieferem Anlaut einsetzende Ton der Silben *wohl*, *a–* und *Freund–* in die Augen, und wir erkennen darin ein Mittel, die Rede eindringlicher und überzeugender zu machen.

Setzen wir die Vergleichung zwischen a und b noch weiter fort, so beobachten wir noch mehr Merkwürdiges. Wir sehen, dass in beiden Fällen der Nachsatz nach dem, was im Vordersatze vorausging, gleichsam ein Bedürfniss zu haben scheint, sofort mit einem hohen Tone (as) einzusetzen, und zwar ohne Rücksicht auf die Bedeutung des auf diesen Einsatz fallenden Wortes, denn sowohl *wohl* als auch *Freundschaft* haben diese hohe Note: von dieser an fällt der Ton in beiden Variationen bis zu einer gewissen Tiefe, von welcher aus der Schlusston in einer Quarte aufsteigt. Weil aber in Variation b das Schlusswort *Alles* einen stärkern Gegensatz zum Schlusswort *Nichts* des Vordersatz bildet, als in Variation a *Freundschaft* zu *Liebe*, so musste auch *Alles* in b eine höhere Schwingungszahl erhalten, als *Freundschaft* in a, und aus diesem Grunde durfte vor dem Schlusswort der Ton in b nicht so tief fallen, als in a *).

---

*) Ueber die Modulation oder die sogenannte Sprachmelodie sagt Hupfeld (a. a. O. S. 179) noch Einiges, was Bemerkung verdient. Nach seiner Ansicht wird die Sprachmelodie durch Kooperation des logischen und rhythmischen Princips vollendet [?]. Diese Melodie gehörig auszudrücken [auszufüllen] und wiederzugeben, ist Aufgabe der Kunst des Vortrags oder der Deklamation. Sie ist wegen der vielfachen Schattirungen des Akcents (die die logischen Verhältnisse des Sinnes abbilden) reicher, als die Melodie des Gesanges und der Musik, aber sie bewegt sich mit den äussersten Endpunkten ihres Hoch- und Tieftons auch bei der gesteigertsten [?] Intonation des oratorischen Pathos innerhalb weniger Intervallen der musi-

Doch genug an diesen Bruchstücken, die vielleicht einmal zu einer in Zukunft aufzustellenden Theorie der Modulation verwendet werden können. Wir haben wenigstens erkannt, dass jeder Styl, jede Redeweise, jeder sogenannte Ton im Vortrage, auch wo die trockenste Prosa dessen Gegenstand ist, seine Modulation hat, die sich einmal nach gewissen, jedenfalls von den der Aesthetik sehr abweichenden, Gesetzen bestimmen lassen wird, wenn auch dieselben meistens eine gewisse Breite, gewisse Licenzen, zulassen dürften. Diese Modulation zeigt, wie unsere empirischen Beispiele darthun, oft gerade in prosaischen Redestücken weit markirtere, häufigere und grellere Tonschritte, als in der Poësie und überhaupt den der Musik zugänglicheren Wortgebilden. Sie ist etwas dem Sinne und der Bedeutung der Worte in ihrer Zusammenfügung eben so nothwendig Anhaftendes, wie der Akcent, der Rhythmus und das Zeitmaass, sie ist also keine Melodie, keine Musik an sich, wenn sie nicht erst dazu erhoben wird *). Dazu gehört aber Ueberschreiten in diese neue, selbstständige Kunst, die von der Deklamation wesentlich verschieden, jedoch mit ihr nicht unvereinbar ist. Zur Melodie wird die Modulation, die bisher im Dienste der Deklamation stand, erst dadurch, dass die Rollen gewechselt werden, dass Sie die Herrschaft übernimmt, und die Deklamation oder das zu Deklamirende ihren Gesetzen dienstbar macht; dass sie also die Deklamation nöthigt, die zu ihrer Aeusserung erforderlichen Tonmittel nach den Gesetzen der Musik zu handhaben. Die einem sogenannten Texte beigegebene Musik kann dann auch ohne diesen Text bestehen, während die von uns im Vorigen aufgeschriebenen Notensysteme, ohne die Worte, auf einem Instrumente vorgetragen, Unsinn darstellen, jedenfalls nichts irgend einem Kunstgebilde Aehnliches. Man kann von einer Vokalkomposition nur verlangen, dass der Text durch die beigegebene Musik nicht unwahr oder unschön werde, aber wie viel Freiheit gestattet dieses Gesetz dem Tonkünstler! Aber die für die (bereits gegebenen) Worte zu erfindende Musik verlangt als Kunstschöpfung wiederum für sich ein ihr homologes, ihrer Tendenz und ihrem Bereiche nicht widerstrebendes Wortgebilde, eine lyrische, d. h. der Musik zugängliche und wiederum dieser Zugang gestattende Poësie. Keine der beiden Künste darf, wenn eine Ver-

---

kalen Tonleiter, und ihre Töne sind demnach [?] so wenig, als ihre Abstufungen oder Intervalle durch Noten darstellbar. — Wir haben, glaube ich, das Gegentheil nachgewiesen.

*) Erst wenn die Sprachtöne sich zu Gesangtönen steigern, steigt die Stimme in hestimmten Stufen auf und ab. Vergl. Dionys. Halicarn. de compositione verborum, cap. 11. ed. Schäfer S. 126, wo er die Melodie der gewöhnlichen Rede (μελος λεξεως oder διαλεκτου, auch λογικης und φωνης ψιλης, im Gegensatze mit ᾠδικη und μουσικη, auf den Umfang einer Quinte berechnet, zusetzend, dass sie über $3^1/_2$ Töne weder zum Hochton steige, noch zum Tiefton herabsinke. Ausführlicher handelt Dionysius von den musikalen Intervallen S. 130, wo er den Charakter der musikalen Melodie in ihrem Unterschied von der Sprachmelodie darin setzt, dass hier das rhythmisch-musikale Element sich das logische unterwirft, während dort umgekehrt der Rhythmus und die „Melodie" sich nach dem Sinne und den logischen Verhältnissen richten müssen, und giebt dann ein Beispiel von der Abweichung der musikalen Aussprache von der gewöhnlichen Akcentuirung an einer Stelle des Euripides. S. 135 sagt er, die gewöhnliche Sprachmelodie sei εὐμελες, nicht ἐμμελες, und εὔρυθμον, nicht ἔῤῥυθμον (canora, non cantus; numerosa, non numeris adstricta). Vergl. auch Cicero de orat. III, 43. Orator cap. 16—20. 41—71, ferner G. von Seckendorf Vorlesungen über Deklamation und Mimik I, 55—58 und von 116 an; nur sucht Letzterer irrthümlich den Grund des Verhältnisses des Sprachtons zum Gesangton lediglich in der Stärke desselben. Hupfeld a. a. O. S. 180.

einigung stattfinden soll, der andern ihre Gesetze, nach welchen sie auf ihrem Gebiete schaltet, nach Willkühr aufdringen, sondern beide müssen durch freiwilliges Entgegenkommen sich einander unterordnen, und zwar so, dass der von der Poësie gegebene geistige Stoff durch die Musik (Melodie) zum formell-schönen Ausdrucke gelange. Demnach kann, wie Hauptmann sagt, die Rede (wie wir es oben gethan) nach ihrem Wortausdrucke zu betonen, sie in ihren Elementen zu nüanciren, Aufgabe der Musik eben so wenig sein, als sie ihrer Natur nach eben das Entgegengesetzte zu thun hat: sie hat in der Gefühlssprache verbunden auszudrücken, was die verständige Wortsprache nur getrennt auseinander und nacheinander [ohne bestimmten Rhythmus] setzen kann. Der musikale Ausdruck lässt hierin den sprachlich-poëtischen weit hinter sich; und die Musik, wo sie nicht eben bloss [im Recitativ] deklamatorisch, bloss wortbetonend ist, wird sich immer die Poësie unterordnen. Der Wortausdruck hat an den musikalen keinen andern Anspruch geltend zu machen, als den, dass er nicht verletzt werde durch unverständige. widersinnige Betonung; nicht aber, dass der musikale in alle seine Einzelheiten eingehe, und sie mit Tönen auszudrücken suche: denn die Musik betont den Gefühlskomplex, der in den Worten enthalten, nicht die Worte selbst*). Wenigstens darf sich die Musik bei ihrer Betonung nicht sklavisch an die Worte binden, vielmehr bindet sie selbst die Worte; wohl aber darf der Sinn der Worte mit der musikalen Betonung nicht in Widerspruche stehen. Auch lässt sich nicht leugnen, dass auf der niedrigsten Stufe der künstlerischen Bildung der Mensch Poësie und Musik gar nicht von einander zu trennen, oder eine ohne die andere zu produciren vermag, dass es vielmehr schon von einem gewissen Bildungsgrade eines Volkes Zeugniss giebt, wenn beide Künste so weit gediehen sind, dass jede für sich bestehen kann. Noch jetzt haben wir eine Art von Poesie, die nicht füglich ohne Gesang bestehen kann, namentlich gehören manche Kinderlieder, österreichische Jodellieder und andere Poesien der niederen Volksschichten hierher. Wir können auch gar nicht verkennen, dass die Alliterationen und der Reim der neoterischen Dichtungsformen lediglich aus dem unabweisslichen Bedürfniss hervorgegangen sind, dem Gesprochenen beim Hörer durch alle ausser der eigentlichen Musik zugänglichen Klangmittel mehr Eingang und Eindruck zu verschaffen.

Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin, noch eines neuerdings von L. Haupt**) gemachten Versuchs zu gedenken, die Verschmelzung der Sprachmelodie mit der Gesangmelodie an dem traditionellen Vortrage der althebräischen Poësien der heiligen Schrift nachzuweisen. Bekanntlich stehen über den Worten der poëtischen (aber auch mancher prosaischen) Bücher des A. T. ausser den Vokalzeichen noch die sogenannten Lesezeichen, oder Akcente, wofür man sie früher hielt. Nach Hupfeld dienen diese Zeichen zum rhythmisch-feierlichen Vortrage beim Lesen der heil. Schriften. Aber schon die alten Talmudisten hatten, bemerkt Haupt, eine Ahnung, dass diese Zeichen auf die Hebung und Senkung des Tones sich beziehen möchten. Später verlor sich diese Kenntniss: erst in neuerer Zeit suchte C. G.

---

*) Hauptmann a. a. O. S. 364. 365.

**) Sechs alttestamentliche Psalmen, mit ihren aus den Akcenten entzifferten Singweisen und einer sinn- und wortgetreuen Uebersetzung u. s. w. von L. Haupt. Leipzig 1854.

Anton die musikale Bedeutung dieser sogenannten Akcente wieder zu erforschen; aber er hielt sie für Dreiklänge oder Schlussformeln, für eine Art von beziffertem Bass. Haupt erforschte die Sache näher. Er suchte aufzufinden, durch welche dieser Zeichen die 7 Töne der Scala bezeichnet würden. Diese 7 Töne können nur durch die ersten 7 Buchstaben des hebräischen Alphabets, die seit den ältesten Zeiten schon als Zahlzeichen galten, angegeben sein, so dass א die Prime oder Tonica (C), ב die Sekunde (D), ג die Tertie (E), ד die Quarte (F), ה die Quinte (G), ו die Sexte (A), und ז die Septime (H) bezeichnet. Nun verglich er die Gestalt der Akcente mit der der ältesten semitischen Buchstaben, und fand hier eine auffallende Aehnlichkeit. Danach konstruirte er folgendes musikale System.

1) C (Aleph)	= (Silluk)	und (Munach)	
2) D (Beth)	= (Geresch)	„ (Tiphcha)	(G. duplex)
3) E (Gimel)	= (Kadma)	„ (Merka)	(Tebir) (M. duplex)
4) F (Daleth)	= (Paser)	„ (Sakeph-Katon)	(Sakeph Gadol)
5) G (He)	= (Atnach)	„ (Mahpach)	(Sgolta)
6) A (Vav)	= (Sarka)	„ (Rebia)	(Darga)
7) H (Sain)	= (Schalcheleth)	„ (Jerach)	(Tlischa. Karnephara).

Alle Buchstaben wurden wahrscheinlich bei ihrem Gebrauche als Noten umgekehrt geschrieben. Nach diesem Systeme bezeichnen immer je zwei Akcente einen Ton in höherer und in niederer Lage, mit Ausnahme des vierten Tons, für welchen in den Psalmen nur ein Akcent vorkommt.

Die beim Singen dieser Noten sich ergebenden Melodien der Psalmen haben fast alle denselben Charakter. Sie beginnen mit der Tonika, Dominante, Sekunde oder Sexte, machen am Ende der ersten Zeile einen Halbschluss auf der Dominante oder Sexte, und schliessen vollständig in der Tonica. Bei drei oder mehr Theilen oder Verszeilen wird abwechselnd auf dem sechsten, dritten, zweiten, selten dem vierten Tone halbgeschlossen, bevor der vollständige Schluss in der Tonica eintritt. Die erste Strophe eines Psalms enthält das Thema, das in den übrigen Strophen dem Inhalt angemessen mehrfach variirt und oft in der Mitte und am Ende wiederholt wird.

Haupt hat seiner Schrift, die übrigens nur Vorläufer einer grössern sein soll, mehrere in Noten gesetzte Belege für seine Theorie aus den poëtischen Schriften des Alten Testaments beigefügt, und es lässt sich nicht leugnen, dass dieselben, nach Haupt's Zeicheninterpretation und mit einem gewissen Rhythmus vorgetragen, eine Art von Vokalmusik ergeben, in welcher sich schon eine Andeutung an den christlichen liturgischen Gesang erkennen lassen dürfte. Jedenfalls ist Haupt's Hypothese trotz aller Einwendungen, die ihr gemacht werden können, von hohem Interesse, und verspricht zu weiteren Ergebnissen für unsere Wissenschaft zu führen.

So viel ist aber gewiss, dass diese hebräischen Zeichen, auch wenn sie eine musikale Bedeutung haben (obwohl dieselbe schon deshalb nicht die einzige sein kann, weil die dem C und G entsprechen sollenden in den historischen Schriften des Alten Testaments offenbar den Interpunktionszeichen

Komma [Kolon] und Punkt entsprechen), dennoch im Grunde weiter nichts vorstellen, als das, wofür sie längst schon gehalten worden sind, nämlich Lesezeichen, oder Andeutungen zum richtigen, ausdrucksvollen, betonten Vortrag, wie er sich aus der Natur des Vorzutragenden ergiebt. Aber durch einen solchen, nach der Vorstellung der alten hebräischen Grammatiker, naturgemässen Vortrag wird noch keine Musik, keine Melodie erzielt, denn diese ist lediglich freies Produkt der Kunst, oder eine neue geistige Schöpfung. die sich mit der bereits von Natur vorhandenen verbinden soll.

Anhangsweise sei es noch erlaubt, über die Kombination der Schlusssilben eines in einem laufenden, d. h. innerhalb einer und derselben Exspiration zu bildenden Satzes stehenden Wortes mit den Anfangssilben des nächsten Worts, oder der einzelnen Hauptsilben eines zusammengesetzten Wortes, einige, wenigstens für die deutsche Orthographie Geltung verdienende Regeln auf Grund unserer Wissenschaft aufzustellen. Es betrifft das, was ich hier mittheilen will, zunächst das deklinatorische nach einem Hauptworte einzuschiebende **s** und anzuhängende **e**, über deren Berechtigung, Zulassung oder Abstellung bekanntlich hier noch gar keine Klarheit herrscht. Man schreibt z. B. bald *dem Stande, Manne* u. s. w., bald *dem Stand, Mann* u. s. w.; eben so weiss man oft nicht, und mir ist es beim Schreiben dieses meines Werkes von Anfang herein nicht besser gegangen, ob man in zusammengesetzten Wörtern, z. B. *Hulfs–leistung, Kehlkopfs–öffnung* u. s. w., oder *Hülf–leistung, Kehlkopf–apertur* u. s. w. schreiben soll. Vergl. S. 916. Im Laufe des Drucks meines Buchs habe ich mich über diese Fragen dahin entschieden, dass ich die Zulassung oder Wegwerfung dieser beiden Ein- oder Anschiebsel (denn für weiter nichts Anderes können wir sie auf Grund der Sprachphysiologie [auch wenn wir letzteres Wort im Sinne Rapp's nehmen] halten) lediglich von der mechanischen Beschaffenheit des nächstfolgenden Sprachlauts abhängig mache. Steht Letzterer mit dem letzten Sprachlaut des vorangehenden Wortes in leidlichem Verwandtschaftsgrade, so ist ein solches Einschiebsel überflüssig, also zu verwerfen; sind aber jene beiden Grenzsprachlaute mit einander so wenig verwandt, dass sie ohne Unterbrechung des sprachlichen Aufzugs nicht hintereinander gebildet werden können, so ist das Einschiebsel nicht nur statthaft, sondern sogar geboten. Nur muss das mechanische Verhältniss der beiden Grenzlaute zu einander ein solches sein, dass im konkreten Falle gerade durch das **s** oder beziehendlich durch das **e** der sonst eintretende erwähnte Uebelstand beseitigt wird. In Fällen, wo beide Manieren statthaft sind, befolge man die allgemeine Regel, nichts Ueberflüssiges zu thun. Die specielle Anwendung dieser Regeln auf die konkreten Fälle möge der durch die Physiologie der einzelnen Sprachlaute und deren Verwandtschaften vorgebildete Leser selbst machen. — In abnormer Weise werden von manchen Individuen oft verschiedene, meist übelklingende, nasale, das **N** palat. vorklingen lassende Laute zwischen die Satzworte geschoben, offenbar auch aus keinem andern Grunde, als um die sonst ins Stocken zu gerathen drohende Rede in einem gewissen Flusse zu erhalten. Ich habe diesen Sprachfehler früher (Schmidt's Encyklopaedie der prakt. Heilk. Art. Sprachfehler) Embololalia genannt.

Schlusswort.

So bin ich denn am Ende meiner Arbeit, nicht am Ende oder Abschluss der Wissenschaft, welcher diese Arbeit gilt, angelangt. Ich habe versucht, der bisher in einzelnen zerstreuten Fragmenten nur ein Scheinleben führenden, bei ihren Mutterwissenschaften herumbettelnden Anthropophonik auf Grund mehrjähriger Forschungen, Beobachtungen und Versuche ein vorläufiges, positives Material zu gewinnen, und aus demselben den Grund zur Wissenschaft derselben zu legen, ihr die Mittel zu ihrer wissenschaftlichen Emancipirung oder Selbständigkeit zu verschaffen. So und nicht anders will ich den scheinbar arrogant klingenden Ausdruck auf dem Titel meines Buchs interpretirt wissen. Der weitere Auf- und Ausbau der Wissenschaft auf diesem Grunde ist Aufgabe der Zukunft. Zwar sind, Gott sei Dank, meine Kräfte noch nicht erschöpft, und ich hoffe, auch ferner das angefangene Werk mit Gottes Hülfe weiter fördern helfen zu können: aber was vermag hier, auch wenn wir uns mit nur schwacher Phantasie den Umfang dessen, was hier noch zu thun übrig ist, vor die Seele führen, die Kraft und Arbeit eines Einzigen? Die Anthropophonik sowohl als reine, als auch als die auf die Kunst des Sängers, Redners, Sprachforschers, Sprachlehrers u. s. w. angewandte Wissenschaft verlangt zu ihrer dereinstigen Vollendung der Mitarbeit von befähigten Individuen aus allen den genannten Gebieten menschlicher Erkenntniss und Kunst; aber sie verlangt auch einen Boden, wo ihr die Freiheit ihrer wissenschaftlichen Entwickelng geboten wird, und einen solchen Boden können nach den zur Zeit bestehenden menschlichen Einrichtungen zunächst wohl nur die literarischen Hochschulen in der erspriesslichsten Weise gewähren.

Die Anthropophonik ist so recht eigentlich die Wissenschaft der Kunst und des geistigen Lebens; sie steht nicht zunächst im Dienste der kranken oder gebrechlichen, vor Krankheiten zu schützenden Menschheit, sondern sie dient der höchsten und schönsten Entfaltung des normalen menschlichen Lebens, dem, was den Menschen über das Thier zu Gott erhebt, sie steht im Dienste der höchsten Kunst, die es giebt, der Kunst, die nicht auf und mit todtem Material, sondern mit dem lebenden, aber auch nicht bloss für sich lebenden, sondern auch Leben schaffenden Organ ihre Schöpfungen hervorbringt, im Dienste der Kunst der menschlichen Stimme und Sprache! Kein anderes Gebiet der Naturwissenschaft arbeitet auf einen höhern Zweck hin, als die Anthropophonik. Dennoch — vielleicht aber gerade deshalb — blieb sie bisher vernachlässigt: nun ich hoffe, die Zeit ist gekommen, wo sie zu der Ehre kommen wird, die ihr gebührt. Das walte Gott!

Erklärung der anatomischen Figuren.

Fig. 1. Skelet von vorn. — *a* Nasenbein, *b* Oberkiefer, *c* Jochbein, *d* dessen vorderer Fortsatz, *e* Schläfengrube, *f* Unterkiefer (Kinn), *g* dessen Winkel, *h* dessen Kronenfortsatz, *i* Zitzenfortsatz des Schläfenbeins. 1 Vierter Halswirbel, 2 siebenter, 3 erste Rippe, 4 deren Kopf (dem ersten Brustwirbel aufsitzend), 5 deren Prominenz, 6 Schlüsselbein, 7 Griff des Brustbeins, 8 Körper und 9 Schwertfortsatz desselben, 10 knorplicher Theil der ersten Rippe, 11 letzte Rippe, 12 letzter (zwölfter) Brustwirbel, 13 erster Lendenwirbel, 14 Schulterblatt, 15 Achselfortsatz desselben, 16 Darmbein (crista), 17 Schambein (Schamfuge).

Fig. 2. Skelet von hinten. — 1 Jochbein, 2 Schläfengrube, 3 aufsteigender Ast des Unterkiefers, 4 Zitzenfortsatz, 5 Halswirbel, 6 erste Rippe, 7 Schlüsselbein, 8 Schulterblatt, 9 letzte (zwölfte) Rippe, 10 Lendenwirbel, 11 Darmbein, 12 Kreuzbein.

Fig. 23 *A*. Luftröhre mit Kehlkopf und Schilddrüse. — 1 Schildknorpel, 2 Ringknorpel, 3 Ligam. conoid., 4 erster Luftröhrenring, 5 Theilung der Luftröhre, 6 Theilung der beiden Bronchen, 7 hintere, häutigmuskulöse Wand der Luftröhre, 8 Schilddrüse, 9 Einschnitt derselben, 10 oberes Horn, den (darunter punktirten) Schildknorpel u. s. w. zum Theil bedeckend.

— *B*. Ein Stück der Luftröhre von hinten gesehen, die einzelnen Hautschichten präparirt. — 1 (sechs Mal) die hintern Enden von drei Luftröhrenringen, 2 Zellhaut, 3 Schleimdrüsen, 4 quere Muskelfasern, 5 innere Schleimhaut, 6 vordere Luftröhrenwand.

— *C*. Ein Stück dergleichen in natürlicher Grösse, um die Quermuskelfasern deutlicher zu zeigen.

Fig. 24 *A*. Kehlkopf von vorn (nach Sömmering). — 1 Kehldeckel, 2 oberer Rand des Schildknorpels, 3 grosses Horn, 4 Kommissur (Pomum), 5 Excisura, 6 Zahnfortsatz des untern Rands, 7 unteres Horn, 8 Bogen des Ringknorpels, darüber das Lig. conoid., 9 Zahnfortsatz des Ringknorpels, 10 erster Luftröhrenknorpel.

— *B*. 1—3 wie bei *A*, 4 hinterer Rand des Schildknorpels, 5 unteres Horn mit seiner Artikulation, 6 Giesskannknorpel mit Cartilago Santorini, 7 oberer Rand der Lamina cricoid. (darüber das Lig. triquetrum), 8 Mittelleiste der Lamina, 9 unterer Rand derselben, 10 Zahnfortsatz des Ringknorpels, 11 oberes Verstärkungsband des Ringschildknorpelgelenks, 12 unteres.

Fig. 25 *A* Ringknorpel von vorn. — 1 Bogen, 2 Zahnfortsatz, 3 Gelenkhügel (unterer), 4 Crista zwischen beiden Gelenkhügeln, 5 Gelenkfläche für den Giesskannknorpel, 6 oberer Rand der Lamina cric., 7 innere Wand derselben, 8 unterer Rand derselben.

— *B*. 1—6 wie bei *A*, 7 hintere oder äussere Wand der Lamina, 8 obere Seitenlinie, 9 Raum für den M. cricoaryt. lat., 10 nach unten und vorn gehende Linea eminens, 11 dreieckiger Raum hinter derselben.

— *C*. 1 Mittellinie der Lamina cric., 2 Insertionsfläche für den M. cricoaryt. postic., 3—6 wie *A*.

— *D*. 1 Bogen, 2 und 3 Seitentheile, 4 Lamina des von unten gesehenen Ringknorpels, 5 innere verkürzte Fläche der Lamina, 6 äussere desgl.

Fig. 26 *A*. Schildknorpel von vorn. — *a* Grosses Horn, *b* unteres, *c* Excisur, *d* oberer Rand, *e* Zahnfortsatz, *f* Kommissur, *g* obere Prominenz.

— *B*. Derselbe von der Seite. — *a b* wie *A*, *c* Pomum Adami, *d* Linea eminens, *e* untere, *g* obere Prominenz, *f* wie *A*.

— *C*. Hintere Ansicht (wie *A*).

Fig. 27. Kehlkopf (eines Tenoristen) von oben gesehen, in natürlicher Grösse. Beide Schildknorpelflügel sind in der Kommissur abnorm verwachsen. *a* Kehldeckel, *b* grosses Horn, *c* Prominenz, wo der Schildknorpel einen Winkel macht, *d* vordere Kommissur (abnorm), *e* verkürzte Seitenwand des Schildknorpels.

Fig. 30. Giesskannknorpeltafel. *A*. Beide Knorpel isolirt, mit ihrer innern und hintern Seite sich darbietend. *a* innere Fläche, *b* Stimmfortsatz, *c* hinterer oder Muskelfortsatz, *d* Gelenkfläche, *e* Capitul. Santorin.

— *B*. Beide Knorpel von aussen und von der Seite. *a* Stimmfortsatz, *b* hinterer Fortsatz, *c* Spina transversa, unter derselben die Fovea oblonga inferior, *d* Fovea superior, *e* Colliculus, *f*. Verbindungsstelle mit der Cartilago Santorini, *g* dessen

Capitulum. Der rechte Knorpel sitzt auf dem Ringknorpel auf, dessen rechte Hälfte mit gezeichnet ist.

Fig. 30. *C.* Beide Knorpel in ihrer Verbindung mit dem Ringknorpel, von hinten, bei grosser Gegeneinanderbewegung der Stimmfortsätze. Die hintere und äussere Wand noch mit der ligamentösen Zellmasse bedeckt, welche die in *B* gezeichneten Vertiefungen ausfüllt. *a* Ringknorpel, *b* hinterer Fortsatz, weit nach aussen gezogen, *c* Ligam. triquetrum, seitwärts in das Lig capsulare übergehend.

— *D.* Innere Fläche des Knorpels, der Rechte noch in Verbindung mit dem von vorn und etwas von innen gesehenen Ringknorpel, der Linke isolirt. *a* innere Fläche des Ringknorpels, *b* Bogen, *c* Durchschnitt der Lamina, *d* Stimmfortsatz, *e* Ligam. triquetr. und capsulare, von innen aus, *f* innere Fläche des Knorpels *g* Prominenzen der äussern oder seitlichen Fläche (s. *B*), *h* (am linken Knorpel) Gelenkfläche.

— *E.* Beide Knorpel von hinten, zunächst den hintern, in den Muskelfortsatz übergehenden, Rand darbietend, der rechte Knorpel dem Ringknorpel aufsitzend. *a* Lamina cricoid., *b* Gelenkhügel, *c* Arcus, *d* hinterer Fortsatz, *e* hintere, ausgehöhlte Fläche, *f* hinterer Rand, *g* Stimmfortsatz, *h* Ligam. triquetrum, *i* Membrana capsularis.

Alles natürliche Grösse.

Fig. 32. *A.* Kehldeckel (s. Text).

— *B.* Hintere Apertur des Kehlkopfs. *a* Epiglottis, *b* Membrana quadrangularis, *c* Glottis posterior, offen gehalten durch die beiden Capitula Wrisberg. Die Capitula Santorini waren an diesem Kehlkopf (von obigem Tenorsänger herrührend) undeutlich. *d* Rima interarytaenoidea, *e* Giesskannknorpel noch mit dem Musc. ary-aryt. bedeckt, *f* Lamina cricoidea, mit dem M. cricoaryt. post., *g* Schildknorpel, *h* Sinus pyriformis.

— *C.* Kehlkopf eines wenige Tage alten Kindes in natürlicher Grösse, von hinten gesehen, unten abgeschnitten, zur Vergleichung mit *B.*

Fig. 33. Zungenbein. — *A.* Von vorn. *a* Körper des Zungenbeins, *b* Tuberculum, die obere und untere Zone abgrenzend, *c* kleines Horn, *d* grosses, *e* Capitulum desselben. — *B.* Von hinten und unten *a* Körper, Hinterfläche, *b* Kommissur mit dem grossen Horn, *c* grosses Horn. — *C.* *a* Vorderfläche des Körpers, *b* Tuberkel, *c* Hinterfläche, *d* Kommissur mit dem kleinen Horn, *e* grosses Horn, *f* Capitulum desselben. — *D.* Querdurchschnitt des Körpers. *a* obere Fläche, *b* vordere, *c* hintere, *d* Winkel, in welchem *a* und *b* zusammenstossen. — *E.* Die Capitula, wie sie sich von hinten gesehen darbieten.

Fig. 34. Zungenbein mit Kehlkopf und den Zwischenbändern. — *a* grosses *b* kleines Horn, *c* Körper des Zungenbeins, *d* Epiglottis, *e* Ligam. hyothyreoid. postic., *f* der Knorpelkern darin, *g* Membr. obturatoria, *h* Lig. hyothyr. anticum, *i* Schildknorpel, *k* dessen Excisur, *l* dessen grosses Horn, *m* das Ligam. intermusculare, *n* der Sehnenstreif über dem M. cricothyr., *o p* kleines Horn des Schildknorpels.

Fig. 35. Durchschnitt oder Durchsicht dieser Theile etc. — *a* Durchschnittener Körper des Zungenbeins, *b* Epiglottis, *c c'* Ligam. hyothyr. antic., *d* medium, *e* posticum, *f* Insertio Epiglottidis, *g g* Schildknorpel, *h* Aryknorpel, *i* dessen Artikulation auf den Ringknorpel *k*, *l* Ligam. conoid., *m* Cartilag. Wrisberg., *n* oberes Kehlkopfband, *o* Atrium ventriculi, *d* Saccus ejus, *q* obere *r* mittlere Zone des Stimmbands, *s* Lig. cricotracheale, *t* erster Luftröhrenring.

Fig. 36. Aufgeschlagener, hinten aufgeschnittener Kehlkopf. — *a* Epiglottis, *b* Lig. ary-epiglottic., *c* Capitul. Wrisb., *d* innere Fläche des Aryknorpels, *e* Durchschnitt der Lamina cricoid, *f* Schildknorpel, beide reflektirt, *h* Stiel der Epiglottis, *i* Fovea centralis, *k* Taschenband, *l* Columella glandulae Morg., *m* Filtrum ventriculorum, *n* Hintergrund des Ventrikels, *o* Falte, welche das Atrium hinten vom Blindsack trennt, *p* vordere Insertion des Stimmbandes, *q* obere *r* mittlere Zone desselben, *s* Stimmfortsatz, *t* Ursprung der elastischen Fasern des untern Kehlkopfraums, *u* Ligam. conoideum.

Fig. 37. *A.* Senkrechter Mittelflächendurchschnitt des Kehlkopfs. — 1 Durchschnitt der Epiglottis, 2 des Schildknorpels, 3 des Ringknorpels, 4 der Aryknorpel, 5 Stimmfortsatz, 6 Keilknorpel, 7 oberes Glottisband, 8 Hintertheil des Atriums, 9 vordere Falte desselben; 10 obere, 11 mittlere, 12 untere Zone des Stimmbandes, 13 Membr. vocalis, 14 Lig. conoid., 15 M. ary-aryt.

— *B.* Horizontaler Durchschnitt des vorigen. 1 des Schildknorpels, 2 des Pomum, 3 vorderer Ursprung der Stimmbänder (Fovea), 4 innere Zone, 5 vordere

6 hintere Falte des Ventrikels, 8 Lig. triqu., 9 M. thyreo-aryt., 10 Proc. vocalis, 11 Durchschnitt des Aryknorpels, 12 hinterer Fortsatz, 13 Lamina cricoid.

Fig. 37. *C.* Glandula Morgagni. 1 obere Ecke, 2 stumpfer Winkel, 3 vordere Ecke, 4 Columella.

Fig. 38. Stimmbänder etc. — *A.* Von oben. — 1 oberes Glottisband, 2 hinterer Uebergang des Atriums in das Filtrum, 3 hintere Aperturfalte zum Blindsack, 4 vordere desgl., 5 hintere Grenze der mittlern Breitenzone, 6 Randzone, 7 mittlere Höhenzone, 8 Unter- 9 Vorderkante des Aryknorpels, 10 Capitulum Santor., 11 Cap. Wrisberg., 12 M. ary aryt., 13 Ringknorpel.

— *B.* Von innen. — 1 Schildknorpel, 2 Ringknorpel, 3 Aryknorpel, 4 Glottis, 5 Randzone, 6 mittlere Breitenzone, 7 äussere Breitenzone, 8 hinterer Blindsack des Vent., 9 vordere Falte, 10 hinteres Ende des Atriums, 11 hinterer Auslauf der mitteln Höhenzone.

— *C.* Querdurchschnitt. — *a* Randzone, *b* mittlere Breitenzone, *c* äussere, *d* untere Grenzen der mittlern Höhenzone, *d*—*e* dritte Zone, *f* M. vocalis, *g* M. thyr. aryt. ext.

— *D.* *a*—*c* s. *C.*, *d* M. vocalis, *e* M. th. ar. ext., *f* Raum zwischen beiden dritten Zonen.

Fig. 39. Stimmritzenformen. — *a a* hintere Insertionen der Stimmbänder, Ende, der Glottis vocalis, *c* Ringknorpel. — Die beiden Punkte auf den Schneppenknorpeln zeigen die Mitte der Gelenkfläche des Ringknorpels an.

Fig. 40. M. Sternohyoideus, Omohyoid., Sternocleidomast. — 1 Körper, 2 grosses Horn des Zungenbeins, 3 Schildknorpel, 4 dessen obere Protuberanz, 5 Ringknorpel, 6 M. Sternohyoideus, 7 Insertion am Brustbein. 8 M. Omohyoideus, 9 sehnige Scheidungstelle der beiden Bäuche desselben, 10 abgeschnittener hinterer Bauch. 11 M. sternothyreoideus. 12 M. sternocleidomast., 13 dessen Portio sternalis, 14 Portio clavicularis. 15 Clavicula, 16 Aponeurose des M. digastricus und mylohyoideus, 17 sehniger Mitteltheil des erstern, 18 hinterer Bauch desselben. 19 M. stylohyoideus. 20 Kinn.

Fig. 41. — *a* Zungenbein, *b* Schildknorpel, *c* untere Protuberanz desselben, *d* Ringknorpel, *e* erster Luftröhrenring, *f* Ligam. hyothyreoid. antic., *g* posticum, *h* conicum, *i* Glandula thyreoid., *k* Ligam. intermusculare, *l* M. hyothyreoideus, *m* M. sternothyreoid., *m'* abgeschnittener Ursprung am Brustbein, *n* einzelne aus ihm in den vorigen M. übergehende Fasern, *o* M. cricothyreoid., *p* M. thyreopharyngeus, *q* M. mylohyoid., *r* M. hyoglossus, *s* Arteria laryngea inferior, *t* superior.

Fig. 42. — *a* Schildknorpel, *b* Excisur, *c* Ringknorpel, *d* erster Luftröhrenring, *e* Protuberantia super., *e'* Linea intermedia, *e'* Protub. inferior, *f* Lig. conicum, *g* erstes Bündel des M. Laryngo-pharyngeus, *h* zweites, *i* drittes, *k* viertes Bündel, *l* oberste Querfasern des Oesophagus, *m* M. cricothyreoid., *n* Arteria laryngea inferior, *o* Nervus recurrens.

Fig. 43. M. cricothyreoideus. — *A.* *a* Schildknorpel, *b* unteres Horn desselben, *c* Ringknorpel, *d* dessen Bogen, *e* Ligam. conicum, *g* Art. laryng. inferior.

— *B.* *a* innere Wand des seitwärts geschlagenen Schildknorpelflügels, *b* Gelenkfläche des untern Horns, *c* hintere Ringknorpelplatte mit den beiden Mm. cricoaryt. post., *d* M. ary-arytaen., *e* innere Schicht des M. cricothyreoid., *e'* Ubergang derselben in die äussere.

— *C.* *a* innere Wand des völlig niedergeschlagenen Schildknorpelflügels (eines halbirten Kehlkopfs), *b* Stelle der Excisur, *c* unteres Horn mit der Gelenkfläche, *d* Ringknorpel mit dem Gelenkhügel, *e* Muskelfortsatz des Aryknorpels, *f* M. cricoaryt. post., *g* M. cricoarytaenoid. lateralis, *h* Stratum thyreoarytaen. externum, *h'* Stratum thyreosyndesmicum, *i i* innere Schicht des M. cricothyreoideus, *k* untere Portion der äussern Schicht desselben, *l* Eintritt der Arteria laryng. inferior in das Innere des Kehlkopfs.

Fig 44. M. kerato-cricoideus (novus). — *a* unteres Horn des Schildknorpels, *b* M. crico-aryt. post., *c* dessen Insertion am Aryknorpel, *d* der neuentdeckte Muskel, *e e'* Nerv. laryngeus inferior, *f* Lig. kerato-cricoid.

Fig. 45. Kehlkopf von hinten, nach Entfernung der Schleimhaut. — *a* Fasern vom M. palatothyreoid., *b* Thyreopharyng., *c* Cricopharyng., *d* obere Querfasern des Oesoph., *e* Cricoaryt. postic., *f* Ary-arytaen., *g* Nerv. recurrens, *h* Muskelfasern der Trachea.

Fig 46. Querdurchschnitt des Kehlkopfs. — *a* Epiglottis, *b* Stiel derselben, *c* Ligam. epiglotticum, *d* Membr. quadrangularis, *e* Taschenband, *f* fovea subepiglottica, *g* Gränze der obern und untern Kehlkopfhöhle, *h* Saccus ventriculi, *i* vordere Insertion der Stimmbänder, *k* Ecke des durchschnittenen Stimmbandkörpers, *l* Gränze des M. thyreo-aryt. in- et externus, *m* M. thyreo-aryt. externus,

n M. crico-aryt. lateral., *o* M. cricothyreoid., *p* Ligam. conicum, *q* Bogen des Ringknorpels, *r* Durchschnitt der Seitenwand desselben, *s* Durchschnitt des Schildknorpels, *t* Sinus pyriformis.

Fig. 47. M. thyreo-arytaenoideus. — *a* Bündel vom Proc. posterior zur obern Zone des Schildknorpels gehend, *b* Stratum thyreo-membranosum, *c* Stratum thyreo-arytaen. externum, *d* Verbindungsbündel zwischen M. ary-aryt. und dem Bündel *a*, *e* schiefes Bündel des M. ary-aryt., zum Theil mit dem Strat. crico-arytaen. zusammenhängend, *f* Processus posterior des Aryknorpels, *g* M. crico-aryt. posticus, *h* M. crico-arytaen. lateral., *i* niedergelegtes Stratum intern. Mli cricothyreoidei. *k* Gelenkhügel des Ringknorpels, *l* M. cricopharyngeus.

Fig. 48. — 1 Epiglottis, 2 Schildknorpel, 3 Giesskannknorpel, 4 Ringknorpel, 5 Lig. conic., 6 M. ary-aryt., 7 Crico-aryt. lat., 8 Str. ary-syndesm., 9 Str. thyr. aryt. ext., 10 M. vocal. (punktirt), 11 Str. thyreo-membran., 12 Str. ary-membran. obliqu., 13— —rectum.

Fig. 49. — *A.* Aryt., Epigl., Cric., Fovea centralis, Lig. conic., Tracheae cartil. I. — *B.* Thyreoid. etc. — *C* und *D* desgl. Der M. vocalis ist nicht bezeichnet.

Fig. 50. Idealer Horizontaldurchschnitt in der Ebene der mittleren Zone etc. — *a* M. crico-aryt. post., *b* M. ary-aryt., *c* M. crico-thyr. int., *d* M. crico-aryt. lateral., *e* M. thyr. aryt. Strat. thyreo-membr., *f* Str. thyr. aryt. ext. et ary-synd., *g* M. vocalis, *h h h h h* Umfang der elastischen Auskleidung, *i* Durchschnitt der untern Kehlkopfapertur zwischen den Spitzen der Stimmfortsätze und dem Lig. conoid. geführt, bei geschlossener Glottis, *k* Art. laryng. inf., *l* Pomum.

Fig. 51. Hebelmechanismus. — *a* Hypomochlion, *b c d* bewegt sich (durch den Zug des M. cricothyr. *m n* nach *o*) nach *b c' d'*, desgleichen rückt *h i*, an *f* fest hängend, nach *i'*, *k* verkürzt sich, *l* verlängert sich und rückt vor; *e g* (Ringknorpel) steht fest. — (*Fig.* 52. s. *Fig.* 27.)

Fig. 53. Senkrechter Längendurchschnitt des Kopfs. — *a* Stirnbein, *b* Stirnhöhle, *c* Nasenbein, *d* Siebbein, *e* Keilbein, *f* dessen Höhle, *g* Grenze zwischen ihm und *h* Grundbein, *i* Bandapparat zwischen diesem und *k* Vertebrae colli (corpora), *k'* earum proc. spinosi, *l* Cartilagines intervertabr., *m* Cartilag. nasi, *n* Nares, o unterer Nasengang, *p* mittlerer, *q* oberer, *r* untere Nasenmuschel, *s* mittlere, *t* obere. α Schleimhautfalte an der Choana, α — α' deren Fortsetzung nach unten, β Bursa pharyngea, γ Sinus faucium superior, δ Schleimhautfalte als Grenze dieses Sinus nach oben. und aussen, ε oberer Rand des Ostium tubae, ζ hinterer unterer Rand, ϑ vorderer Rand (Plica salpingopalatina), η knorpelfreier Theil des Ostium, ι Apertur (Trichter) desselben, κ Recessus infundibuliformis, λ Plica salpingopharyngea, μ Sinus faucium lateralis, ν Arteria vertebral, ξ Hirnanhang, ο Carotis interna, π Sichel der harten Hirnhaut, ρ Rückenmark, σ Hinterhauptbein (cf. *h*). 1 Oberkieferbein, 2 Gaumenbein, 3 Unterkiefer, 4 Schneidezähne, 5 Oberlippe, 6 Musc. orbicularis oris superior, 7 Unterlippe, 8 Musc. orbicul. oris infer., 9 weiche Gaumenplatte, 10 Zäpfchen, 11 Gaumenwölbung, 12 Mandel, 13 Zungenrücken, 14 Zungenkörper, 15 Zungenbändchen, 16 M. genioglossus, 17 dessen untere Fasern, 18 M. geniohyoideus, 19 Zungenbein, 20 Ligam. glossoëpiglotticum med., 21 Plica pharyngoëpiglottica, 22 M. palatopharyngeus, 23 Epiglottis, 24 Ligam. hyoëpiglottic., 25 Lig. hyothyreoid. med., 26 Ligam. thyreo-epiglott., 27 Lig. ary-epiglott., 28 Membrana quadrang., 29 oberes Glottisband, 30 keilförmiger Knorpel, 31 Schneppenknorpel, 32 Stimmband, 33 Schildknorpel, 34 Ringknorpel, 35 Musculus ary-arytaen., 1 — 12 Hirnnerven.

Fig. 54. Pars laryngea et isthmica tubi phonoleptici. — *a* Uvula, *b* Arc. glossopal., *c* Tonsilla, *d* Plica pharyngoepigl., *e* Arc. palato-pharyng., *f* Fovea ovalis T., *g* Lig. glosso-epiglottic., *h* Epiglottis, *i* — *k* Contour in grösster Tiefe des Sinus pyrif., *l* Pharynxwand, *m* Ort neben dem Capitul. Santorin.

Fig. 55. Lig. glosso epiglotticum. Vallecula. — *A.* *a* Zungenbein, *b* Kehldeckel. *c* oberer Kehlkopfraum, *d* hintere (obere) Kehlkopffläche, *e* Zunge, *f* Lig. glosso-epiglott. medium, *g* Lig. glosso-epigl. lateralia, *h* Vallecula, *i* Ligam. hyo-epiglotticum, *k* Theil des Musc. hyoglossus. — *B.* *a* Epiglottis, *b* Capitulum Wrisb., *c* Zungenbein, *d* Zungenwurzel, *e* Lig. glosso-epiglott. med., *f* Musc. hyoglossus.

Fig. 56. Vestibulum pharyngis medium. — *a* Uvula, *b* Arcus glossopal., *c* Ejus insertio in lingua, *d* Tonsilla, *e e* Mittelraum (Fovea ovalis T.), *f* Plica pharyngo-epigl., *g* Musc. palato-thyreoid., *h* palatopharyng., *k* Hinterwand des Pharynx.

Fig. 57. Knochentafel. — *a* Maxilla inf., *b* Spina mentalis interna, *b'* Linea mylohyoidea, *c* Angulus maxill., *d* Lingula, *e* oberer Ast des U. K., *f* Process. coron., *g* Os zygomat., *h* Proc. zygom. ossis temporum *i* Fossa zygomat., *k* Proc. styloid., *l* proc. mastoid., *m* Os occipitis (foram. jugulare), *m'* Foram. carotic., *n* Pars basilaris oss. occip., *o* Os petrosum, *p* Sulcus tubae Eustach., *p'* Processus vaginalis, *q* Vomer, *r* innere Lamelle des Flügelfortsatzes, *s* Grube desselben, *t* Hamulus pteryg., *u* äussere Lamina desselben, *v* Choanae, *w* Spina nasalis posterior, *x* Pars horizont. ossis palat., *y* Wölbung des harten Gaumens, *z* Fissura sphenomaxillaris.

Fig. 58. Raumveränderungen der P. nasalis des Fangrohrs.

Fig. 59. Pharynx von hinten. — *aa* Os occipitis, *bb* Ejus processus condyloidei, *c* Margo posterior *d* anterior *e* foraminis magni, *ff* Processus mastoideus, *gg* Sutura inter os temp. et occip., *hh* Foramen pro vena ex sinu laterali, *ii* Processus styloideus, *k* Arcus jugalis, *l* Processus condyloid. maxillae inf., *m* ejus angulus et margo inferior, *nn* Capitulum ossis hyoidei, *oo* A. carotis et V. jugularis, *pp* Art. vertebralis, *q* M. digastricus. 1 1 Membranöser Obertheil des Pharynx, 2 2 2 Raphe, 3 3 M. cephalopharyngeus, 4 4 sehnige Kante an der Umbiegung, 4' Fortsetzung derselben nach unten, 5 5 Levator palati mollis, 6 6 Circumflexus palati, 7 7 Salpingopharyngeus, 8 8 Bucco- et pterygo-pharyngeus, 9 9 Mylopharyngeus: 10 10 Glossopharyngeus, * Gegend der Tonsille, 11 Stylopharyngeus, 12 Stylohyoideus, 13 Styloglossus, 14—18 Hyopharyngeus (14 oberste Spitze, 15 aufsteigende, 16 horizontale, 17 absteigende Bündel, 18 nicht konstantes zum Hyoglossus gehendes Bündel), 19 oberes, 20 unteres Bündel des Thyreopharyng., 21 Cricopharyng., 22 oberste Querfasern des Oesophag., 23 Längenfasern des Pharynx, 24 Ligam. hyothyreoid., 25 Hyoglossus, 26 Mylohyoideus, 27 Pterygoideus internus, 28 Luftröhre.

Fig. 60. Querdurchschnitt der Nasenhöhle etc. — *a* Partes ossis frontis orbitales, *b* Lam. cribrosa ossis ethmoid., *cc* Lam. papyracea, *de* Maxillae supp., *ff* Proc. palatinus *g* alveolaris m. s., *hh* Palati duri membr. mucosa, *ii* Periorbita, *k* Septum narium, *l* concha inferior *mm* media *nn* superior, *oo* Meatus nar. inferior, *p* medius, *q* superior, *rr* Cellulae ethmoidales, *s* Sin. maxillaris, *t* ostium ejus, *u* Dens molaris post., *v* Uvula, *w* Arcus glossopalatinus, *x* Tonsilla, *y* Arcus pharyngopalatinus, *z* Lingua.

Fig. 61. Ansicht des Gaumengewölbes von vorn, unpräparirt. — *a* Proc. alveolaris maxillae sup., *b* hinterster Backenzahn des Oberkiefers, *c* Ligam. maxillare, *d* hinterster unterer Backenzahn, *e* Durchschnitt des Unterkiefers, *f* hinteres blindes Ende der Backenhöhle, *gg* vordere Grenze des weichen Gaumens, *hh* Planum palati mollis, *h'* Raphe ejusdem, *i* Uvula, *k* Arcus glossopalat., *l* Tonsilla, *m* Arcus pharyngopalat., *n* hintere Pharynxwand, *o* Lingua.

Fig. 62. Kinn — Zungenbein, 2. Lage. — *a* Maxillae inf. facies externa, *b* interna, *c* Digastrici port. antica, *d* Aponeurosis ejus ad os hyoid., *e* Tendo Digastrici media, *f* ejus portio post., *g* M. stylohyoid., *h* Baseoglossus, *i* Keratogloss., *k* Styloglossus, *l* Mylohyoideus, *m* Sternohyoideus, *n* Omohyoideus, o Sternothyreoideus, *p* Depressor labii inferioris, *q* Depressor anguli oris, *r* Pteryg. internus.

Fig. 63. Kinn — Zungenbein, 3. Lage. — *a* Maxilla inf., *b* Angulus ejus, *c* Corpus oss. hyoid., *d* Cornu ejus, *e* Proc. styloid., *f* Gland. submaxill., *g* M. mylohyoideus, *h* Geniohyoideus, *i* Genioglossus, *k* N. hypogl., *l* M. baseogloss., *m* Keratogl., *n* Styloglossus alter (Ligam. styloideum), *p* Stylopharyng., *q* Insertio M. stylohyoid., *r* M. digastrici insertiones, *s* Omohyoideus, *tt* Sternohyoideus, *uu* Hyothyreoideus, *v* Thyreopharyngeus, *w* Masseter, *x* Pteryg. int.

Fig. 64. Gaumenapparat, von oben und hinten betrachtet. — *aaa* obere Anheftung des Pharynx, *b* Aufschnitt desselben, *c* Proc. styloid., *d* M. stylopharyng., *e* M. pterygoid. internus, *f* Septum narium, *g* Choanae, *h* Concha inferior, *i* C. media, *k* Cartilago tubae Eustach., *l* Levator palati, *m* Circumflex., *n* Azygos uvulae, *o* Palatopharyngeus, *p* Plica pharyngo-epiglottica, *q* Epiglottis, *r* Lingua.

Fig. 65. Palatum molle, nach de Courcelles. — *a* Maxilla infer., *b* Palatum, *c* Processus mastoideus, *d* Processus styloideus, *e* Tubera oss. occip., *f* Lamella interna proc. pteryg., *g* Lamella externa, *h* M. pteryg. internus, *i* Portio Constrict. isthmi faucium, *k* Circumflex. palati, *l* Palatopharyng., *m* Levator palati mollis, *n* Azyg. uvulae, *o* Salpingopharyng., *p* Pteryg. ext., *q* Temporalis.

Fig. 66. Palati facies inf. (nach Santorini). — *a* M. circumfl. palati, *b* Buccinatoris pars, *c* Hamulus proc. pteryg., *d* Maxilla dissecta, *e* M. pterygopharyng.,

f Mylopharyng., *g* Pharyngostaphyl., *h* idem posterior, *i* Salpingostaphyl., *k* Glossostaphylin., *l* Pteryg. intern., *m* Stylogloss., *n* Tonsilla, *o* Arcus pharyngo-palat., *p* Uvula, *q* Epiglottis, *r* Lingua.

Fig. 67. Tourtual's Vorstellung des hintern Isthmus etc.

Fig. 68. Musc. palatopharyngeus. — *a* Vordere Seite des grossen Hornes des Schildknorpel, *b* Durchschnitt nahe vor dem hintern Rand, *c* Uvula, *d* Arcus glossopalatinus, *e* Tonsilla, *f* Arcus pharyngo-palatin., *g* Ausläufer die sich am Schildknorpel ansetzen, *h* Decussation der Muskelfasern des M. palatoph., *i* Querfasern des Pharynx.

Fig 69. Zungenmuskeltafel I. — *a* Durchschnittener aufsteigender Ast des Unterkiefers, *b* durchschnittener Kinntheil desselben, *c* Wangenbein, *d* Processus styloideus, *e* durchschnittener Processus mastoideus, *f* Ligam. stylomaxillare, *g* M. geniohyoideus, *hh* M. genioglossus, *i* M. styloglossus, *k* Ligam. stylohyoideum, *l* M. stylohyoideus, *m* M. hyoglossus, *n* Zungenbein, *o* Ligam. hyothyreoid. anticum, *p* posticum, *q* M. stylopharyngeus, *r* M. hyothyreoideus, *st* Theil der Pharynxmuskeln.

Fig. 70. Zungentafel II. — *a* Musc. geniohyoideus reflexus, *b* Weizenknorpel, *c* M. baseoglossus, *d* Chondroglossus, *e* Keratoglossus, *f* Styloglossus, *g* Genioglossi stratum anticum, *h* Ejus stratum medium, *i* Origo ejus in mento, *k* Terminatio in apice, *l* M longitud. inferior., *m* Ejus transitus ad latera, *n* Art. ranina.

Fig 71. Zungenwurzel, präparirt. — *a* Epiglottis, *b* Horn *c* Waizenknorpel *d* Körper des Zungenbeins, *e* Ligam. stylohyoid., *f* Zunge, *g* M. glosso-epiglotticus, *h* M. chondroglossus, *i* M. glossopharyngeus, *k* M. chondropharyngeus, *l* M. keratopharyngeus. — Cf. Gerdy, sur la structure de la langue: *g* und *h* lassen sich auch als Ursprünge des M. longitud. superior betrachten.

Fig. 72. Gesichtsmuskeln, mittlere, nach Decourc. — *a* Os jugale, *b* Process. jugalis oss. temp., *c* Maxilla sup., *d* inferior, *e* ejus Proc. condyloid. *f* proc. coron., *g* Cartilag. nasi, *h* Septum narium, *i* Depressor alae nasi, *k* Nasalis labii superior, *L* Buccinatoris origo infer. a proc. coron., *L'* (zwischen *r* und *x*) origo superior a maxill. sup., *L''* media (Buccopharyngeus), *l* Transitus buccin. infer. in labium sup., *l'* superioris in inferius, *m* Orbicul. oris superior, *m* Stratum superius, *nn'* Orbicularis inferior, *o* Accessor Buccin., *p* Levator menti, *q* Levator anguli oris, *r* Zygomatic.maj., *s* Depress. ang. oris, *t* Masseter, *u* Temporalis, *v* Pteryg. externus, *w* Pteryg. internus, *x* Ductus Stenon.

Fig. 73. M. digastricus etc. — *aaa* Kontour der innern Lippe des untern Rands des Unterkiefers, *b* Zungenbein, *c* M. stylohyoideus, *d* Portion des hintern Bauchs des Digastricus, *e* Sehne zum Uebergang desselben in den vordern Bauch, *f* Verbindungssehne zwischen dieser, dem M. stylohyoid. und dem Zungenbein, *gg* sehniger Streif, als Begrenzung der Sehnenplatte *h*, die die untere Fläche des Mylohyoideus *ll* fest überzieht, und von welchem aus die Fasern des vordern Digastricus entspringen, welche hier in zwei Abtheilungen *ii* und *kk* bis zur Mittellinie zwischen Kinn und Zungenbeinkörper reichen, *nn* M. sternohyoideus, *mm* M. omohyoidus.

Fig. 74. Gesichtsmuskeln. — *a* M. frontalis, *b* Procerus (Santorini), *c* Corrugator, *d* Orbicularis palpebr., *e* Ligam palpebr., *f* Attollens auricul., *g* Temporalis, *h* Arcus zygomat., *i* Zygomat. minor, *k* Zygomat. major, *k* Ejus ramus inferior, *l* Masseter, *m* Levator anguli oris, *n* Levator labii superioris propr., *o* Pyramidalis, *p* Compressor nasi, *q* Depressor septi narium, *r* Orbicularis oris, *s* Strata ejus interna, *t* Quadratus menti, *u* Depressor anguli oris, *v* Buccinator, *w* Risorius, *x* Quadratus colli, s. Platysma myoid. portio facialis, *x'* Ejus portio collaris, *y* Glandula parotis, *z* M. sternocleidom.

Fig 75. Nase, Mund. — *a*—*b* Gegend der Anheftung der Oberlippe an den Oberkiefer, *c*—*d* Gegend der Anheftung der Unterlippe an den Unterkiefer, *ee'* Gegend, wo die Backenhaut beim Aufstülpen der Lippen ein- und vorwärts gezogen wird, *f* Filtrum labii super., *g* Lippenkinnrinne, *h* Kinn.

Fig. 76. *A B.* *a* M. depressor pinnae *a'* septi narium, *b* Dilatator narium, *c* Narium apertura, *d* Durchschnitt der Oberlippenschleimhaut, *e* Schneidezähne, *f* Unterlippenschleimhaut, *g* Lippenkinnfalte, *h* M. levator menti, Ursprung, *ii'* obere und untere Faserendigungen, *k* Parenchym. des Kinns, *l* Kompressionsstelle der Lippen, *m* Stelle, wo das Prolabium nach unten aufhört, *n* Stelle der Umrollung beim Heben des Kinns.

REGISTER.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

Nachtrag zur Figurenerklärung.

Fig. 149. Stellt einen senkrechten Längendurchschnitt des Stimmorgans vor, ähnlich der Fig. 53., welche überhaupt hinsichtlich der einzelnen Theile als Kommentar zu dieser und der ähnlichen folgenden Figuren dient. Die Zunge ist behufs der höhern Pfeiftöne stark gewölbt, die Spitze *a* vorwärts gedrückt, zwischen ihr, den Schneidezähnen und Lippen bildet sich ein verhältnissmässig weiterer Raum *c*, aus welchem die Luft durch die Lippenöffnung *a* ausfährt.

Fig. 151. Aehnlicher Durchschnitt. Die Znnge ist behufs der tiefern Pfeiftöne zurückgezogen, die Kiefer stehen weiter von einander ab. *a b* Lippen. *c.* Gaumenwölbung. *d* Backenwand.

Fig. 157. Topographische Darstellung der Kehl- oder vordern Halsgegend in phonologischer Hinsicht. *a a* M. sternomastoideus. *b b* M. cleidomastoideus. *c* unterer Rand des Kinns. *d* obere Halsgrube. *c—e* Kinnfurche. *f f* M. digistrici port. antica. *g* Gegend des Körpers des Zungenbeins. *h* untere Kehlfurche. *e g h* obere Kehlgrube. *i* kleines Kehldreieck. *k* Ort wo sich die Stimmfalten bilden. *l* untere Kehlgrube. *m* untere Halsgrube. *n* M. omohyoideus. *o* Brustbein. *p* Schlüsselbein.

Fig. 159 (173). *a* Zäpfchen. *b* ihm gegenüber stehender Theil der hintern Pharynxwand. *c* Abstand der Zungenwurzel von der Spitze des Kehldeckels *e*. *f* Spitze des Schneppenknorpels. *e—f* obere Kehlkopfsapertur. *d* Hinterwand der Pars isthmica des Fangrohrs. *d'* Hinterwand der Pars laryngea dess. *g* höchster Theil der Gaumenwölbung. *h* Zungenbein. *h'* Pomum Adami. *i* Kinntheil des Unterkiefers. *k* oberer *l* unterer mittlerer Schneidezahn, der Abstand beider bestimmt die Mundöffnung zwischen beiden Lippen *m* und *n*. *o* Zungenspitze. *p* Hintertheil, *r* Mitteltheil der Zunge. *g r h h'* Linie zur Bestimmung der gegenseitigen Abstände der bezeichneten Theile von einander. *q* Wölbung des weichen Gaumens. Zwischen *h* und *i* istder M. geniohyoideus ausgespannt. Vergl. auch Fig. 158.

Fig. 174. Horizontaler Durchschnitt der Mund- und Rachenhöhle, in natürlicher Grösse. *a* Zäpfchen. *b* Hinterwand des Pharynx. *c* Gaumensegel. *d* Mandel.

e Durchschnitt des Zungengaumenbogens. *f* Isthmus oris. *g* Hintertheil der Zunge. *h* Zungenspitze. *i* Mundapertur.

Fig. 178. 179. 180. haben dieselbe Bezeichnung, wie Fig. 159 (173).

Bei Vergleichung dieser Figuren mit einander sind die Unterschiede der gegenseitigen Abstände von *a*—*b*, *c*—*e*, *e*—*f*, *p*—*a*, *h*—*r*, *g*—*r*, *i*—*h*, *o*—*l*, *k*—*t*, *m*—*n* zu berücksichtigen.

Fig. 182. Stellung der Artikulationsorgane bei Bildung des **Ch** 1. *Ph* Höhle der Pars nasalis des Fangrohrs. *P* Gaumenplatte. *u* Zäpfchen. *L* Zunge. *b* Plica s. arcus glossopalatinus. *v* Arcus pharyngopalatinus. *T.* tonsilla.

Fig. 183. Senkrechter Querdurchschnitt der Mundhöhle bei Bildung des **Ch** 2. und 3. *a* Gaumen. *b* Zunge. *c*—*d* Oeffnung zwischen beiden Organen. Diese ist bei **Ch** 2. vollständig, bei **Ch** 3. ist nur noch die obere Abtheilung derselben vorhanden.

Fig. 184. Senkrechter Längendurchschnitt ders. Die Linie *a*—*b* zeigt die Stelle an, wo der vorige Querdurchschnitt geführt worden. Die Zunge *L* hebt sich behufs des **Ch** 3. bis zur punktirten Linie *c*, welche der Mittellinie *c*—*d* der vorigen Figur entspricht. Die übrige Bezeichnung ist wie in Fig. 183.

Fig. 185. Durchschnitt der wesentlichen Artikulationsorgane bei Bildung des **R** palatinum. *P* weiche Gaumenplatte. *u* Zäpfchen, durch den Luftstrom gegen den Zungenrücken *L* umgebeugt. Die von *u* gegen die Zunge gezogene punktirte Linie zeigt die Lage des Arcus glossopalatinus an. *v* arcus pharyngopalatinus.

Fig. 186. Stellung der Organe bei Bildung des **Sh**. *L* Zunge. *A* Oberkiefer.

Fig. 187. Stellung der Organe bei Bildung des **Sch**. *B* Oberkiefer. *L* Zunge. *S* erweiterte und verlängerte Mundöffnung.

Druck von J. B. Hirschmann in Leipzig.



Druck von J. S. Wassermann in Leipzig



